

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LOS CAMBIOS EN LA APTITUD FÍSICA Y LAS  
HABILIDADES COGNITIVAS DE PERSONAS MAYORES DE 55 AÑOS

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en  
Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación para optar al grado y título de Maestría  
Académica en Ciencias del Movimiento Humano

REBECA HERNÁNDEZ GAMBOA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

## **Dedicatoria**

A mis padres, quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada paso de mi carrera y de mi vida personal.

A mis abuelas, que fueron mi inspiración, motivación y ejemplos de fortaleza y elegancia ante cualquier circunstancia.

## **Agradecimientos**

A todas las personas que me acompañaron durante este proceso (en especial mi familia, Noni, Cinthia, Cata y May): gracias por su apoyo, ánimo y paciencia.

A mi comité asesor: gracias por su guía y dedicación. Mi aprendizaje ha llegado mucho más lejos de lo planeado gracias a su profesionalismo y apoyo.

A la Universidad de Costa Rica: gracias por brindarme el conocimiento, las herramientas y la sensibilidad para convertirme en la persona y profesional que soy.

“Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano.”



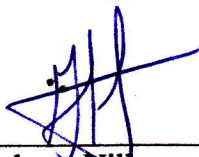
---

Luis Enrique Ortega Araya, M.Sc.  
**Representante del Decano  
Sistema de Estudios de Posgrado**



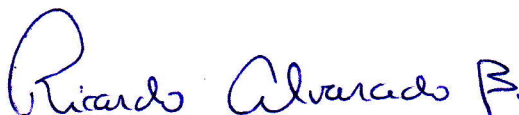
---

José Moncada Jiménez, Ph.D.  
**Profesor guía**



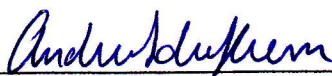
---

Mónica Salazar Villanea, Ph.D.  
**Lectora**



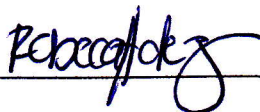
---

Ricardo Alvarado Barrantes, Ph.D.  
**Lector**



---

Andrea Solera Herrera, Ph.D.  
**Representante del Programa de Posgrado  
en Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación**



---

Rebeca Hernández Gamboa  
**Sustentante**

## Tabla de contenidos

<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimientos</b> .....	ii
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>Índice de Tablas</b> .....	ix
<b>Índice de abreviaturas</b> .....	xiv
<b>Índice de Abreviaturas de los instrumentos de evaluación</b> .....	xv
<b>I. Marco Teórico</b> .....	1
<i>a. Envejecimiento poblacional</i> .....	1
<i>b. Funciones cognitivas</i> .....	3
<i>c. Cambios en las funciones cognitivas en la adultez mayor</i> .....	4
<i>d. Aptitud física</i> .....	6
1. <i>Capacidad cardiorrespiratoria.</i> .....	7
2. <i>Fuerza muscular</i> .....	8
<i>e. Aptitud física funcional</i> .....	8
<i>f. Cambios en la aptitud física en la adultez mayor</i> .....	11
<i>g. Relación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas</i> .....	11
<i>h. Antecedentes longitudinales</i> .....	17
<b>II. Justificación</b> .....	21
<b>III. Propósito</b> .....	24
<i>a. Objetivos Generales</i> .....	24
<i>b. Objetivos Específicos</i> .....	24
<b>IV. Hipótesis</b> .....	25
<b>V. Metodología</b> .....	26
<i>a. Diseño</i> .....	26
<i>b. Participantes</i> .....	26
<i>c. Variables del estudio</i> .....	28
<i>d. Instrumentos de medición</i> .....	29
1. <i>Pruebas físicas</i> .....	29
2. <i>Pruebas neurocognitivas</i> .....	32
<i>e. Procedimientos</i> .....	35
<i>f. Consideraciones éticas</i> .....	35

g.	<i>Análisis estadístico</i>	37
<b>VI.</b>	<b>Resultados</b>	42
	<i>Características de la muestra</i>	42
a)	<i>Análisis Factorial</i>	42
	<i>Análisis Factorial Exploratorio: aptitud física</i>	42
	<i>Análisis Factorial Confirmatorio: variables de aptitud física.</i>	44
	<i>Análisis Factorial Exploratorio: habilidades cognitivas</i>	46
	<i>Análisis Factorial Confirmatorio: habilidades cognitivas</i>	47
b)	<i>Descripción longitudinal</i>	50
c)	<i>Relación entre variables de rendimiento cognitivo y físico</i>	59
	<i>Modelos de regresión para el Funcionamiento Ejecutivo</i>	64
	<i>Modelos de regresión para Memoria Verbal</i>	66
<b>VII.</b>	<b>Discusión</b>	72
a)	<i>Análisis Factorial</i>	72
	<i>Modelo para la batería de pruebas físicas</i>	74
	<i>Modelo batería de pruebas neuropsicológicas</i>	79
	<i>Aporte de los análisis factoriales</i>	85
b)	<i>Descripción longitudinal</i>	87
c)	<i>Relación entre variables de rendimiento cognitivo y físico</i>	96
	<i>Modelos de regresión</i>	96
	<i>Modelos de regresión para Funcionamiento Ejecutivo</i>	97
	<i>Modelos de regresión para Memoria Verbal</i>	101
d)	<i>Diferencias entre sexos</i>	105
<b>VIII.</b>	<b>Conclusiones</b>	107
	<i>Limitaciones</i>	110
	<i>Recomendaciones</i>	111
<b>IX.</b>	<b>Referencias</b>	113
<b>X.</b>	<b>Anexos</b>	128
	<b>Anexo 1: Aprobación de protocolo</b>	128
	<b>Anexo 2: Formulario de Consentimiento Informado</b>	129
	<b>Anexo 3: Análisis Factorial Exploratorio</b>	133
	<b>Anexo 4: Figuras de relación entre factores físicos y cognitivos</b>	144
	<b>Anexo 5: Resultados detallados del Modelo 1.</b>	146

<b>Anexo 6: Resultados detallados del Modelo 2.....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo 7: Resultados detallados del Modelo 3.....</b>	<b>154</b>
<b>Anexo 8: Resultados detallados del Modelo 4.....</b>	<b>161</b>
<b>Anexo 9. Producción académica durante el programa de posgrado .....</b>	<b>167</b>



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Rebeca Hernández Gamboa, con cédula de identidad 1-1486-0992, en mi condición de autor del TFG titulado "Estudio retrospectivo de los cambios en la Aptitud Física y las Habilidades Cognitivas de Personas Mayores de 55 años".

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI ☒ NO \* ☐

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: Rebeca Hernández Gamboa

Número de Carné: A93009 Número de cédula: 1-1486-0992

Correo Electrónico: rebecahdezg@gmail.com

Fecha: 10 de mayo, 2021 Número de teléfono: 8872-1591

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): José Moncada Jiménez, Ph.D.

*Rebeca Hdezg*

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## **I. Marco Teórico**

En esta sección se presentará la literatura que fundamenta la investigación. Para mantener un mayor orden, la información se presenta en las siguientes secciones: a) Envejecimiento poblacional, b) Funciones cognitivas, c) Cambios en las funciones cognitivas en la adultez mayor, d) Aptitud física, e) Aptitud física funcional, f) Cambios en la aptitud física en la adultez mayor, g) Relación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas, y h) Antecedentes longitudinales.

### *a. Envejecimiento poblacional*

La cantidad de personas mayores en el mundo está incrementando dramáticamente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que hay 605 millones de personas mayores de 60 años, una proporción que seguirá aumentando durante las próximas décadas (OMS, 2015). En Costa Rica hay 827 379 personas mayores de 60 años (INEC, 2019). Para el 2025, se estima que habrá 1200 millones de personas mayores en el mundo, de las cuales dos de cada tres vivirán en países en desarrollo (Ministerio de Salud, 2018).

En Costa Rica la esperanza de vida es alta, con cifras mayores al promedio mundial. En este país, la proyección de la esperanza de vida al nacer pasará de 79 años en el 2015, a aproximadamente 81 años para el 2025. Este grupo poblacional presentará un crecimiento anual sostenido entre el 2025 y 2045, de forma que, para el final de ese periodo habrá más de un millón de personas adultas mayores en el país (Ministerio de Salud, 2018).

En el II Informe Estado de Situación de la Persona Adulta Mayor en Costa Rica publicado por la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Centro Centroamericano de Población (CCP) en el 2020, se indica que del 2008 al 2019 la población de personas mayores aumentó en un 59%, con el mayor crecimiento en la región central del país. Actualmente, 8.5% de la población costarricense es mayor de 65 años (UCR & CCP, 2020).



De acuerdo con datos de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), en Costa Rica las mujeres viven 71 años con salud y diez con enfermedad, mientras que los hombres viven 68 años con salud y nueve con alguna morbilidad, relacionadas especialmente con las enfermedades crónicas no transmisibles (Ministerio de Salud, 2018). Además, se estima que el 35% de las personas mayores de 65 años padecen alguna discapacidad (UCR & CCP, 2020).

Si los años adicionales se viven con buena salud, hay muchas oportunidades de que las personas aporten a la comunidad, familia y sociedad y logren realización personal. Si el aumento en edad es dominado por el declive físico y mental, las implicaciones son mucho más negativas, representando una carga para las familias y la sociedad, e impactando la calidad de vida de las personas mayores (Lin, Hsieh, Cheng, Tseng & Su, 2016).

Existe una gran diversidad en las capacidades de las personas mayores. Esto se debe a que muchos cambios no están relacionados únicamente con la edad cronológica sino con factores y comportamientos de todo el ciclo vital, algunos de los cuales pueden ser modificables (OMS, 2015). A nivel biológico, el envejecimiento se asocia con una acumulación gradual de daño molecular y celular. Esto lleva a una disminución de las reservas fisiológicas, mayor riesgo de enfermedad y deterioro general de la capacidad (Lau, Ludin, Rajab, & Shahar, 2017; OMS, 2015). El tema de la valoración del deterioro biológico y sus biomarcadores es relevante y complejo, e incluso actualmente se buscan estrategias para predecir el deterioro desde la adultez joven (Belsky et al., 2015).

Algunos cambios esperables durante el envejecimiento incluyen la pérdida de masa muscular (Landers-Ramos & Prior, 2018), deterioro de la fuerza y capacidad aeróbica (Ramnath, Rauch, Lambert & Kolbe-Alexander, 2018), cambios en la movilidad y balance (Demnitz, Hogan, Dawes, Johansen-Berg, Ebmeier, Poulin, & Sexton, 2018), disminución

de la densidad mineral ósea y de la velocidad de caminata y cambios en funciones sensoriales como la visión y audición (OMS, 2015).

En Costa Rica se ha estudiado las actividades de vida diaria con el mayor porcentaje de personas adultas mayores que no las pueden realizar. Estas incluyen cuidar o apoyar a otras personas, hacer trabajo doméstico, hacer compras o ir al centro de salud, salir a la calle y participar en actividades sociales (UCR & CCP, 2020).

*b. Funciones cognitivas*

Las funciones cognitivas son propiedades funcionales del individuo que no son directamente observables, sino que se infieren a partir del comportamiento (Lezak, Howieson, Bigler & Tranel, 2012), por lo cual se pueden considerar como constructos teóricos o latentes (Martínez-Arias, Hernández-Lloreda & Hernández-Lloreda, 2006). Entre estas se encuentran la atención, memoria, funciones ejecutivas y el lenguaje. Estas habilidades permiten a las personas desarrollar todas las actividades de la vida diaria, actuar y comunicarse considerando las normas sociales y la cultura, prestar atención y concentrarse, percibir y entender el mundo, recordar, aprender y resolver problemas (Evans & Crawford, 2017).

Para la medición y evaluación del funcionamiento cognitivo se ha utilizado una amplia variedad de pruebas neuropsicológicas. Algunas de estas pueden ser ambiguas o capaces de medir múltiples constructos a la vez, lo cual hace que una valoración cognitiva comprensiva deba emplear una colección o baterías de diversas pruebas (Hugo, & Ganguli, 2014; Stokin, Krell-Roesch, Petersen, & Geda, 2015). La valoración por medio de pruebas se refiere a la asignación de números a atributos de los sujetos, de forma que dichos números reflejen los diferentes grados del atributo que es evaluado. Así, una prueba psicológica es un

instrumento evaluativo con el que se obtiene una muestra de la conducta de la persona examinada en un dominio específico (Martínez-Arias et al., 2006).

*c. Cambios en las funciones cognitivas en la adultez mayor*

Conforme aumenta la edad, no sólo se evidencian cambios en las capacidades físicas, sino que también se podrían esperar cambios en las funciones cognitivas y cerebrales (Chu, Chen, Hung, Wang, & Chang, 2015; Dupuy, Bosquet, Fraser, Labelle, & Bherer, 2018). Aunque las causas de las reducciones en algunas capacidades continúan bajo investigación, estas se podrían explicar parcialmente por la pérdida y deterioro de células neurales, el estrés oxidativo, y los cambios en el funcionamiento de las vías monoaminérgicas y colinérgicas (Hajjar, Hayek, Goldstein, Martin, Jones, & Quyyumi, 2018; Sofi, Valecchi, Bacci, Abbate, Gensini, Casini & Macchi, 2011; Yu, Oh, & Disterhoft, 2017).

Existe consenso acerca de que el aumento en la edad es el principal factor de riesgo para el desarrollo de deterioro cognitivo. Esto tiene implicaciones para las personas mayores, como, por ejemplo, la pérdida de la capacidad para la toma de decisiones independientes, cambios en el rol social y familiar, pérdidas económicas por suspensión laboral, descontrol o empeoramiento de otras enfermedades, el incremento en el consumo de psicofármacos y mayor riesgo de sufrir lesiones físicas por la aparición de síntomas neuroconductuales (Cotterell, Buffel, & Phillipson, 2018). La presencia de deterioro cognitivo también afecta a las familias de las personas mayores al requerir un mayor gasto económico en el cuidado de la persona mayor y aumentar el riesgo de depresión o cansancio de las personas cuidadoras, e impacta el sistema de salud al aumentar el consumo de recursos y consultas, y requerir hospitalizaciones más prolongadas (Ministerio de Salud, 2016; Pennington et al., 2018).

El envejecimiento cognitivo es caracterizado por una alta variabilidad (Voelcker-Rehage, Niemann & Godde, 2016). El funcionamiento cognitivo varía ampliamente entre

personas mayores debido a múltiples factores predictores como genética, estatus socioeconómico, estilo de vida, contexto social y cultural, presencia de enfermedad crónica, nivel de escolaridad y el uso de medicamentos (Foong, Hamid, Ibrahim, Haron, & Shahar, 2018; Thompson et al. 2017). Además, muchas funciones cognitivas comienzan a deteriorarse desde edades tempranas a diferentes ritmos, lo cual suma a la heterogeneidad en el funcionamiento cognitivo en esta población (OMS, 2015). En personas cognitivamente intactas, las experiencias individuales, así como las actividades e intereses especializados contribuyen a estas diferencias intraindividuales (Lezak et al., 2012).

El envejecimiento normativo está asociado con una atrofia del volumen cerebral de aproximadamente 15% a 25% y con ella la degradación de los procesos cognitivos, incluida la memoria, el razonamiento, y la velocidad de procesamiento (Chu et al., 2015). También se deterioran las habilidades de control ejecutivo como la inhibición, la planificación y la memoria de trabajo (Voss et al., 2010). Además, se conoce que el proceso de envejecimiento tiene efectos importantes sobre la estructura y función del hipocampo (Bartsch, & Wulff, 2015), por lo que aumentan los problemas de memoria, cuya prevalencia oscila entre 25% y 60% (Szabo et al., 2011).

Algunos autores sugieren que el cambio en la función cognitiva durante el envejecimiento no es igual para todas las funciones. La evidencia indica que las habilidades fluidas o basadas en procesos parecen cambiar más que las habilidades basadas en conocimiento (Dupuy et al., 2018). El deterioro en memoria, capacidad de aprendizaje, velocidad de procesamiento, tiempo de reacción y planificación son comunes, así como la capacidad para realizar tareas complejas (Bugg, Shah, Villareal & Head, 2012; Ramnath et al., 2018). Sin embargo, otras habilidades cognitivas como la concentración, las habilidades

verbales y memoria de procedimiento parecen permanecer estables a lo largo del tiempo (Horning & Davis, 2012; OMS, 2015).

*d. Aptitud física*

La aptitud física se refiere a la capacidad de los sistemas corporales para trabajar juntos de manera eficiente para permitirle estar sano y realizar actividades de la vida diaria (Corbin & Le Masurier, 2014). Se considera un constructo multifacético que incorpora diversos componentes (McMorris, 2016). Corbin y Le Masurier (2014), enlistan seis componentes de la aptitud física relacionados con la salud: a) composición corporal, b) resistencia cardiorrespiratoria, c) flexibilidad, d) resistencia muscular, e) potencia muscular y f) fuerza muscular.

Existe evidencia consistente que indica que el entrenamiento físico; es decir, la práctica inmediata (aguda) del ejercicio físico mantenida durante el tiempo (crónica) proporciona una adecuada aptitud física, la cual se asocia con una reducción de múltiples factores de riesgo y mortalidad y una mejor calidad de vida (de Lannoy, Sui, Blair, & Ross, 2018; Kokkinos, & Myers, 2019). El ejercicio físico mejora la aptitud física; algunos sus beneficios incluyen la mejora en la sensibilidad de la insulina (i.e., mejora el transporte de la glucosa sanguínea a la célula), en el perfil lipídico (i.e., reducción del colesterol LDL y triglicéridos, potenciación del colesterol HDL), reducción de la masa grasa corporal, reducción de inflamación sistémica y reducción de la presión arterial, por lo que actualmente se le ha llamado la “poli-pastilla” (Li, Yau, Machado, Wang, Yuan, & So, 2019; Löllgen, & Bachl, 2016; Pareja-Galeano, Garatachea, & Lucia, 2015; Sanchis-Gomar, Fiuza-Luces, & Lucia, 2015).

Para el presente proyecto, la resistencia cardiorrespiratoria y la fuerza muscular son de interés debido a que representan dos sistemas diferentes en estructura y funcionamiento;

el sistema cardiovascular (e.g., músculo cardíaco, arterias, venas) y el sistema músculo esquelético (e.g., músculo esquelético, articulaciones, huesos), ambos importantes predictores de menor mortalidad (Lee, Artero, Sui, & Blair, 2010; Liu et al., 2019) y de una mayor calidad de vida desde edades tempranas (Evaristo et al., 2019).

También se seleccionó la aptitud física funcional, que incluye la evaluación de la fuerza de tren superior e inferior, la resistencia aeróbica, flexibilidad de tren superior e inferior, agilidad y equilibrio dinámico (Rikli & Jones, 2013).

### *1. Capacidad cardiorrespiratoria.*

De acuerdo con el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM por sus siglas en inglés), la capacidad cardiorrespiratoria es la capacidad de los sistemas circulatorio y respiratorio para suministrar combustible y oxígeno durante la actividad física (ACSM, 2018). Esta capacidad es determinada por la habilidad de la persona para ventilar los pulmones con aire del ambiente y transportar el oxígeno contenido en el aire a través de la membrana de alveolos, hacia la red capilar que irriga el pulmón, donde se unirá con la hemoglobina de la sangre. Esta sangre rica en oxígeno es bombeada por el corazón por medio de los capilares e irrigando los músculos donde el oxígeno se une con la mioglobina y se transporta a la mitocondria de las células musculares. Allí el oxígeno sirve para liberar energía proveniente de los alimentos y produce la molécula de adenosín trifosfato, la cual provee energía para la contracción muscular (McMorris, 2016).

La medición del consumo máximo de oxígeno por unidad de tiempo ( $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) es considerada el mejor criterio para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria. Esta se expresa como  $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Para medir el  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  se utiliza la espirometría de circuito abierto durante una prueba de ejercicio gradual, la cual puede realizarse sobre una banda sin fin o

sobre un cicloergómetro. En dicha prueba, la persona participante respira a través de una mascarilla o válvula, de forma tal que se puede calcular la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono que está expirando (ACSM, 2018). Con base en criterios perceptuales, metabólicos, fisiológicos previamente definidos (e.g., valoración del esfuerzo percibido, tasa de intercambio respiratorio, cambio en el  $\text{VO}_2$  con cada etapa de la prueba), la prueba se finaliza cuando la persona participante alcanza su  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  o cuando el riesgo de sufrir algún evento cardiovascular (e.g., infarto al miocardio) sobrepasa el beneficio que obtendría si continuara con la prueba (Poole, Wilkerson, & Jones, 2008; Dalleck, Astorino, Erickson, McCarthy, Beadell, & Botten, 2012).

## 2. *Fuerza muscular*

La fuerza muscular es la habilidad de un músculo para ejercer fuerza (Corbin & Le Masurier, 2014). Esta habilidad puede ser evaluada de forma estática o dinámica. Una evaluación común de la fuerza estática o isométrica es la medición de la fuerza de prensión manual o fuerza de agarre. Esta medición, expresada en kg (ACSM, 2018), se puede realizar con diferentes instrumentos, incluyendo dinamómetros, y se ha observado que los valores altos predicen la mortalidad y el estado funcional de personas mayores (Arvandi et al., 2016; Guadalupe-Grau et al., 2015; Loprinzi, 2016; Strand et al., 2016).

### e. *Aptitud física funcional*

De acuerdo con Rikli y Jones (2013) la aptitud física funcional incluye parámetros fisiológicos asociados con las funciones requeridas para hacer actividades básicas y avanzadas de la vida diaria. Las autoras proponen un marco de referencia de habilidad funcional descrito en la figura 1. Las actividades de la columna derecha requieren la habilidad

de realizar las funciones enlistadas en la columna del centro. Las últimas requieren una reserva adecuada de los parámetros descritos en la columna izquierda.

Parámetros Físicos	Funciones	Actividades meta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza y resistencia muscular.</li> <li>• Resistencia aeróbica.</li> <li>• Flexibilidad.</li> <li>• Habilidad motora.</li> <li>• Composición corporal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminar.</li> <li>• Subir escaleras.</li> <li>• Levantarse de la silla.</li> <li>• Levantar/alcanzar.</li> <li>• Agacharse/arrodillarse.</li> <li>• Trotar/correr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuidado personal.</li> <li>• Hacer compras.</li> <li>• Tareas del hogar.</li> <li>• Jardinería.</li> <li>• Deportes.</li> <li>• Viajar.</li> </ul>

**Figura 1.** Marco de referencia de habilidad funcional.

Durante años se ha buscado determinar cuáles métodos son más apropiados para evaluar la capacidad de personas mayores de mantener su independencia en actividades de vida diaria, dado que esta autonomía depende de una combinación de capacidades físicas (como resistencia, fuerza y flexibilidad) y motoras (como equilibrio, coordinación y agilidad) (Varela, Ayán y Cancela, 2008).

De acuerdo con el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM, 2018), los componentes de la aptitud física se pueden clasificar en dos tipos: los relacionados con la salud y los relacionados con habilidades (Tabla 1).

Otros autores también discriminan entre los conceptos de funcionalidad y aptitud física, conocido en inglés como *skill-related* y *health-related*. Ahlund, Bäck, Öberg y Ekerstad (2017) describen la función física como la capacidad de la persona de llevar a cabo actividades de la vida diaria, mientras que la aptitud física incluye una serie de resultados medibles relacionados con la salud. Malmberg et al. (2002) también hacen referencia a los conceptos de aptitud física relacionada a la salud y al desempeño funcional. La primera se



refiere a los componentes de la aptitud que se ven afectados por la actividad física habitual y están relacionados con diversos resultados de salud. El desempeño funcional consiste en la capacidad de realizar tareas para la vida independiente y el bienestar general. Varela et al. (2008) conceptualizan la aptitud funcional como la capacidad para realizar actividades de la vida diaria de forma segura e independiente sin fatiga.

**Tabla 1.** Componentes de aptitud física de acuerdo con el Colegio Americano de Medicina Deportiva

Componente	Definición
<b>Componentes relacionados con salud</b>	
Resistencia cardiorrespiratoria	Habilidad del sistema circulatorio y respiratorio de suministrar oxígeno durante la actividad física sostenida.
Composición corporal	Cantidad relativa de músculo, grasa, hueso y otras partes relativas del cuerpo.
Fuerza muscular	Habilidad del músculo de ejercer fuerza.
Resistencia muscular	Habilidad del músculo de continuar rindiendo sin fatiga.
Flexibilidad	Rango de movimiento disponible de una articulación.
<b>Componentes relacionados con habilidades</b>	
Agilidad	Habilidad de cambiar la posición del cuerpo en el espacio con rapidez y precisión.
Coordinación	Habilidad de usar los sentidos junto con el cuerpo para realizar tareas de forma fluida y precisa.
Balance	El mantenimiento del equilibrio en reposo o en movimiento.
Potencia	Habilidad o tasa en la cual se puede realizar trabajo.
Tiempo de reacción	Tiempo transcurrido entre estímulo y el inicio de la reacción a él.
Velocidad	Habilidad de realizar un movimiento en un corto periodo de tiempo.

*f. Cambios en la aptitud física en la adultez mayor*

Durante el envejecimiento se presentan cambios en las aptitudes físicas. El deterioro en las capacidades físicas ocurre desde la adultez media incluso en personas sin patologías, como resultado de cambios normativos relacionados con la edad (Clouston et al., 2013).

Se ha documentado que tanto la aptitud cardiorrespiratoria como la fuerza muscular presentan cambios asociados al envejecimiento. El  $\text{VO}_2\text{máx}$  puede reducirse hasta en 34% por cada década de vida; mientras que la fuerza muscular disminuye aproximadamente un 30% entre los 20 y 75 años (Pollock et al., 1998).

*g. Relación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas*

Durante varias décadas se ha encontrado que hay factores de salud biológica y funcionamiento fisiológico que influyen sobre cambios cognitivos en la adultez media y mayor (MacDonald, Dixon, Cohen, & Hazlitt, 2004). Desde la década de los setenta, se ha estudiado el beneficio de la aptitud física sobre la preservación de la función cognitiva en el envejecimiento (Voelcker-Rehage, Godde, & Staudinger, 2010). Estos factores físicos podrían ser marcadores, factores de riesgo o factores de riesgo causal para el deterioro cognitivo (Christensen, Korten, Mackinnon, Jorm, Henderson & Rodgers, 2000).

Por ejemplo, en diversos estudios se ha reportado que niveles más altos de capacidad cardiorrespiratoria se relacionan con un mejor funcionamiento cognitivo, aunque no se sabe exactamente cuáles son los mecanismos que lo explican (Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman, & Vanhees, 2008; Colcombe & Kramer, 2003; Rigdon, & Loprinzi, 2019). Sin embargo, existen revisiones sistemáticas de literatura y meta-análisis que no demuestran que tal efecto sea tan claro como se cree (McDonnell, Smith, & Mackintosh, 2011; Young, Angevaren, Rusted, & Tabet, 2015; Zheng, Xia, Zhou, Tao, & Chen, 2016). También existe evidencia que indica que las personas mayores con mejor movimiento, equilibrio, fuerza

muscular y capacidad aeróbica tienen una mejor función cognitiva, por lo cual se considera que la aptitud física es importante para preservar las funciones en el envejecimiento (Lau et al., 2017). Debido a que no se sabe con certeza cuál puede ser la asociación entre la aptitud física y la cognición, se requieren realizar más estudios epidemiológicos longitudinales para comprender el curso normal de esta posible asociación.

En un estudio epidemiológico, Taylor et al. (2017) documentaron los cambios cognitivos y físicos a lo largo de un año en una muestra de 129 personas mayores de 60 años con demencia leve o moderada. Los investigadores realizaron evaluaciones cognitivas con una batería de pruebas compuesta del *ACE-R*, *Trail Making Test* (TMT) y el *Boston Naming Test*, y evaluaciones físicas que incluyeron la medición de la fuerza de prensión manual, la fuerza isométrica de extensión de rodilla, la estabilidad y balance, y la movilidad funcional. Todas las evaluaciones se repitieron después de un año. Entre los hallazgos más relevantes se expone que hubo un deterioro significativo en el puntaje cognitivo global y las funciones de atención, memoria, orientación, fluidez verbal, lenguaje, habilidad visuoespacial, función ejecutiva y velocidad de procesamiento. En ese periodo de 12 meses también se presentó un deterioro significativo en la fuerza muscular de piernas, pero no en la fuerza de prensión manual.

En otro estudio longitudinal estadounidense con pacientes con alguna patología cardiovascular, se reportó una incidencia de deterioro cognitivo de 71% (Kuller, López., Becker, Chang & Newman, 2016). El hecho de que las personas con enfermedades cardiovasculares tengan una alta probabilidad de sufrir demencia, apoya la hipótesis de que la capacidad aeróbica está relacionada con el desempeño cognitivo.

Asimismo, existe evidencia que indica que reducir la exposición a factores de riesgo cardiovascular puede reducir el riesgo de al menos algunos tipos de demencia (OMS, 2015).

Se sabe que la capacidad cardiorrespiratoria está asociada con un menor riesgo de mortalidad, enfermedades crónicas y deterioro de estructura y función cerebral (Szabo et al., 2011).

Dupuy et al. (2018) evaluaron a 42 personas altamente activas entre 49 y 70 años que realizaron la prueba de una milla de *Rockport* para la estimación del consumo máximo de oxígeno, la prueba *Digit Symbol Substitution Test* para evaluar la velocidad de procesamiento, y el *Trail Making Test* y la prueba de *Stroop* para evaluar la atención y función ejecutiva. De acuerdo con el desempeño en la prueba *Rockport*, las personas participantes fueron divididas por la mediana en dos grupos: grupo *high fit* (mayores puntajes de  $VO_{2max}$ ) y *low fit* (menores puntajes de  $VO_{2max}$ ).

Los autores reportaron que las personas con mayor capacidad cardiovascular (grupo *high fit*) presentaron un mejor desempeño en las tareas que presentan más demandas de funcionamiento ejecutivo que las personas del grupo *low fit*. Sin embargo, no encontraron un efecto del nivel de aptitud física sobre el desempeño en pruebas neuropsicológicas de atención y velocidad de procesamiento (Dupuy et al., 2018).

Lin et al. (2016), estudiaron la asociación de factores de aptitud física con el envejecimiento exitoso en 378 personas mayores de 65 años. Para evaluar la aptitud física, utilizaron pruebas de composición corporal (Índice de Masa Corporal), fuerza muscular de agarre (dinamómetro), resistencia muscular (sentarse y levantarse durante 30 segundos), resistencia aeróbica (caminata de seis minutos), flexibilidad (*sit and reach test*), equilibrio (sostenerse en un pie con ojos cerrados) y agilidad (*TUG timed up and go test*). La operacionalización del concepto de envejecimiento exitoso incluyó independencia en actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, puntaje mayor o igual a 24 puntos en el *Mini Mental State Examination* (MMSE), puntaje menor a cinco en la escala de depresión geriátrica (GDS) y un puntaje mayor a 80 en escala de función social (SF-36).

Los autores encontraron que todos los factores de aptitud física, con la excepción de la flexibilidad, revelan diferencias significativas entre personas clasificadas con envejecimiento exitoso y aquellas que no cumplieron con los criterios de envejecimiento exitoso. Asimismo, en su modelo de regresión logística, las pruebas de fuerza muscular, resistencia aeróbica, agilidad y resistencia muscular se asociaron significativamente con envejecimiento exitoso después de ajustar por características sociodemográficas, condiciones de salud y conductas de salud (Lin et al., 2016).

Voss et al. (2010), examinaron la asociación entre la aptitud aeróbica y el rendimiento cognitivo en personas entre 55 y 80 años. Los y las participantes realizaron pruebas computarizadas de función ejecutiva (*Task Switching* y *WCST: Wisconsin card sorting task*) y de memoria espacial, y una prueba de ejercicio máximo gradual para evaluar el  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ . Entre los principales hallazgos destaca la relación significativa entre la capacidad aeróbica y la cantidad de errores cometidos en la prueba WCST ( $r = -.19, p < .05$ ) incluso al controlar por edad. Además, la capacidad aeróbica se asoció con una mayor exactitud en la prueba de memoria espacial (exactitud:  $r = .17, p < .05$ ).

En el estudio realizado por Bugg et al. (2012), se buscó determinar si la capacidad aeróbica predice el funcionamiento cognitivo en una muestra de personas mayores de 65 años con obesidad (Índice de masa corporal  $> 30 \text{ kg/m}^2$ ). El  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  se evaluó con una prueba gradual sobre banda sin fin. El funcionamiento cognitivo fue evaluado por una batería de pruebas compuesta por: *Symbol Search* y *Letter Comparison* (velocidad de procesamiento), *Stroop Test* y *Operation Span* (funcionamiento ejecutivo), *Woodcock-Johnson III Spatial Relations subtest* y *Benton Judgment of Line Orientation* (habilidad espacial), y finalmente, una tarea de interferencia proactiva (memoria).

Los autores reportaron que  $VO_2$ pico era un predictor significativo de la velocidad de procesamiento ( $R^2$  ajustada= .44, cambio  $R^2 = .39$ ,  $\beta = .13$ ,  $p = .003$ ) y del funcionamiento ejecutivo ( $R^2$  ajustada= .34, cambio  $R^2 = .35$ ,  $\beta = .11$ ,  $p = .008$ ). Esto sugiere que la aptitud cardiovascular es un factor protector incluso en personas que no se encuentran en un estado óptimo de salud. Sin embargo, para los factores cognitivos de habilidad espacial y memoria, la capacidad aeróbica no fue un predictor significativo (Bugg et al., 2012).

McAuley et al. (2011) por su parte, estudiaron la asociación entre la aptitud cardiorrespiratoria y medidas de velocidad de procesamiento, memoria de trabajo espacial y quejas de memoria en personas entre 60 y 80 años físicamente inactivas. Para evaluar la aptitud cardiorrespiratoria realizaron una prueba de esfuerzo gradual con el protocolo Balke y la prueba de una milla de Rockport. La velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo espacial fueron evaluadas por medio de pruebas computarizadas, mientras que la frecuencia de quejas de memoria se evaluó con el cuestionario *Frequency of Forgetting*. Los autores reportaron asociaciones significativas entre la capacidad cardiorrespiratoria y la velocidad de procesamiento ( $r = -.34$ ,  $p = .05$ ), tiempo de reacción ( $r = -.23$ ,  $p = .05$ ), y la frecuencia de quejas de memoria ( $r = -.31$ ,  $p = .05$ ).

Asimismo, Lau et al. (2017), reportaron que las personas con deterioro cognitivo leve presentaron una capacidad cardiorrespiratoria significativamente menor que las personas sin deterioro cognitivo, lo cual sugiere que la capacidad cardiovascular y el funcionamiento cognitivo están asociadas. Incluso existe evidencia de que la capacidad física se relaciona con la estructura cerebral, pues Szabo et al. (2011), reportaron que la aptitud cardiorrespiratoria se asocia positivamente con un mayor volumen del hipocampo, un mejor rendimiento de la memoria de trabajo espacial y episodios de olvido menos frecuentes.

En una revisión sistemática realizada por Sexton, Betts, Demnitz, Dawes, Ebmeier y Johansen-Berg (2016), se reportó que niveles altos de actividad y capacidad física se relacionan con mayores volúmenes de materia blanca cerebral y menores lesiones en dichas estructuras. A pesar de que el tamaño de efecto fue pequeño, el mismo fue significativo (0.22, intervalo de confianza 95% = 0.10 - 0.34,  $p < 0.001$ ). Dado que la edad avanzada se asocia con una reducción en el volumen de materia blanca cerebral, los autores sugieren que la aptitud física puede ser un factor protector contra el deterioro cerebrovascular y cognitivo (Sexton et al., 2016). Sin embargo, Burzynska et al. (2014), no encontraron una asociación significativa entre el  $VO_{2\text{máx}}$  y el volumen de materia blanca ( $r = -0.16$ ,  $p = 0.143$ ).

Además, se ha evidenciado que una mejor capacidad aeróbica durante la adultez mayor incide sobre la manera en la que se recluta y activa la corteza prefrontal durante tareas como la prueba de *Stroop*, la cual permite medir el nivel de interferencia generada por los automatismos (e.g., atención selectiva, control inhibitorio, velocidad de procesamiento) en la realización de una tarea. Hyodo et al. (2016), encontraron que las personas mayores con mejor desempeño aeróbico tuvieron una activación prefrontal lateralizada más parecida a la de personas jóvenes que a la de personas mayores con mala aptitud cardiorrespiratoria.

Parece ser que la aptitud cardiovascular además modera el efecto que tiene el ejercicio sobre el funcionamiento cognitivo. Chu et al. (2015), reportaron que las personas con una mayor capacidad cardiovascular se desempeñaron significativamente mejor en pruebas cognitivas después de una sesión aguda de entrenamiento aeróbico, a pesar de que las personas con menor capacidad física también obtuvieron un beneficio cognitivo. Independientemente del tamaño de efecto de la capacidad cardiorrespiratoria sobre el funcionamiento cognitivo, la relación entre estas variables parece ser consistente, incluso aun en personas con deterioro cognitivo (McAuley et al., 2011; Song, Yu, Li, & Lei, 2018).

Por otro lado, la fuerza de agarre se considera una medida simple pero importante de la habilidad funcional en la adultez mayor, por lo que se ha sugerido como un indicador temprano del deterioro cognitivo, independiente del nivel de escolaridad y el género (Ramnath et al., 2018). Por ejemplo, Lau et al. (2017), reportaron que el puntaje en el MMSE está positivamente relacionado con la fuerza de tren inferior y la fuerza de agarre en una muestra de personas mayores.

En otro estudio realizado con población mayor japonesa (Narazaki, Matsuo, Honda, Nofuji, Yonemoto, & Kumagai, 2014), los autores buscaron predecir el desempeño cognitivo a partir de la fuerza de agarre y fuerza isométrica de extensor de rodilla. 1552 personas completaron el *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) y el MMSE, así como cinco pruebas de aptitud física para medir la fuerza de prensión manual, la fuerza de extensión de rodilla, la agilidad de tren inferior, la coordinación locomotora y el balance postural. Narazaki et al. (2014) generaron un modelo de regresión que incluyó los cinco puntajes de aptitud física como predictores significativos del puntaje del MoCA ( $p < .001$ ) incluso después de controlar por factores de edad, sexo, educación, condiciones de salud y factores socioeconómicos.

Ramnath et al. (2018) encontraron una asociación fuerte ( $r = 0.48$ ,  $p < 0.05$ ) entre la fuerza de agarre y las respuestas correctas de la prueba *Stroop*. Además, generaron un modelo de regresión significativo que explica 45% de la varianza en el desempeño de dicha prueba que incluyó la edad, balance, fuerza de agarre y una prueba de deterioro cognitivo como predictoras.

#### *h. Antecedentes longitudinales*

Para estudiar la influencia de factores de aptitud física sobre los cambios cognitivos durante el envejecimiento se ha utilizado diseños transversales y longitudinales. Aunque estos últimos se han realizado con menor frecuencia, este diseño permite estudiar las



influencias biológicas en los cambios cognitivos asociados con la edad, y generan evidencia tanto para la predicción como para la prevención del deterioro cognitivo (MacDonald et al., 2004).

Los datos longitudinales son esenciales porque los correlatos del cambio cognitivo no se han explorado en gran medida a fines de la edad adulta. Se sabe muy poco acerca de si los componentes cognitivos y físicos cambian juntos con el tiempo (Christensen et al., 2000). Albert, Jones, Savage, Berkman, Seeman, Blazer y Rowe (1995), realizaron un análisis longitudinal de 2.5 años para examinar los predictores del mantenimiento de la función cognitiva en personas entre 70 a 79 años, utilizando un modelo de ecuaciones estructurales. Entre sus hallazgos destaca que los principales predictores del cambio cognitivo en ese periodo de tiempo fueron: a) el puntaje cognitivo en el primer momento de medición, b) el nivel educativo, c) la tasa máxima de flujo espiratorio pulmonar, y d) la participación en actividad física.

En un estudio longitudinal de MacDonald et al. (2004), se reportó un deterioro significativo en ocho componentes cognitivos a lo largo de 12 años en una muestra de personas entre 54 y 87 años, mostrando una tasa de deterioro más rápida para las personas de mayor edad. Dichos autores además utilizaron un modelo lineal jerárquico para predecir los cambios cognitivos a lo largo de los 12 años incluyendo predictores factores físicos como la visión, fuerza de agarre y flujo máximo respiratorio; y reportaron que la fuerza de agarre fue el factor de mayor peso en la predicción de los cambios cognitivos.

Christensen et al. (2000), llevaron a cabo un estudio longitudinal donde buscaron analizar si el cambio en la fuerza de agarre y en otras variables de aptitud física se correlacionaban con el cambio en memoria y en inteligencia en personas mayores de 70 años, y si dichos cambios variaban en función de la edad y el sexo. Se realizaron dos valoraciones

separadas por 3.6 años. Se encontró que los hombres presentaron una fuerza significativamente mayor que las mujeres en todas las edades, y el deterioro en la fuerza de una medición a la siguiente fue mayor en las mujeres. Además, los puntajes en memoria y habilidades verbales disminuyeron significativamente tanto en hombres como mujeres de la primera a la segunda valoración. Sus resultados también mostraron que el cambio en fuerza de agarre, pero no la fuerza de agarre inicial, se relaciona con el cambio en memoria. El análisis de los datos longitudinales reveló la covariación de los cambios en la fuerza de agarre, la velocidad de procesamiento y la memoria, lo cual según los autores apoya la hipótesis de un modelo de causa común donde el declive físico y cognitivo son causados por un deterioro del sistema nervioso central (Christensen et al., 2000).

Clouston et al. (2013), realizaron un estudio meta analítico sobre la asociación longitudinal entre variables de funcionamiento físico y cognitivo en personas adultas y adultas mayores. Sin embargo, los autores encontraron una cantidad reducida de estudios que analizaran asociaciones entre cambios en factores físicos y cambios en factores cognitivos. Sus resultados indican que hay una relación consistente y significativa entre la cognición fluida y la fuerza de agarre ( $\beta = 0.05$ , 95% IC: 0.01 - 0.12;  $n = 2$ ).

Jeong & Kim (2018) evaluaron la asociación longitudinal entre la fuerza de prensión manual y el riesgo de disfunción cognitiva en personas adultas y adultas mayores a lo largo de seis años. Se incluyeron los datos de 6 435 participantes que forman parte de un estudio longitudinal de envejecimiento (KLoSA: *Korean Longitudinal Study of Ageing*). Para la evaluación del funcionamiento cognitivo se utilizó el puntaje en el MMSE, y la fuerza de prensión manual se evaluó mediante dinamometría. Las personas fueron clasificadas en cuatro categorías según su desempeño en la prueba de prensión manual: bajo, normal-bajo, normal-alto y alto.

Algunos de los hallazgos más relevantes de dicho estudio se describen a continuación. En primer lugar, la incidencia de disfunción cognitiva fue significativamente más alta en personas mayores de 60 años, de sexo femenino, con menor nivel educativo y menor ingreso económico, menos físicamente activas y con condiciones de salud. Asimismo, los autores reportan que las personas que presentaron disfunción cognitiva tenían una fuerza de prensión manual significativamente menor que quienes no presentaron disfunción cognitiva. Además, en el modelo de regresión para la predicción de la aparición de disfunción cognitiva, la fuerza de prensión manual se encontró como predictor significativo incluso al ajustar por edad, sexo, nivel educativo, ingreso económico, actividad física y fumado. Cabe destacar que, en el análisis de sensibilidad, la asociación entre fuerza muscular y disfunción cognitiva fue significativa para las personas con bajos niveles de actividad física, pero no para quienes presentaron mayor actividad física (Jeong & Kim, 2018).

## **II. Justificación**

El cambio demográfico tiene implicaciones importantes a nivel social, económico y de salud pública, ya que aumenta la necesidad de crear estrategias para enfrentar a una población más envejecida con demandas específicas, y de identificar posibles factores de riesgo modificables para prevenir o atrasar los cambios negativos que pueden estar asociados al envejecimiento tanto normativo como patológico. Conforme aumenta la expectativa de vida poblacional, se evidencia la importancia de la prevención de discapacidad y el mantenimiento de la habilidad funcional y el nivel de independencia.

La Contraloría General de la República de Costa Rica (2019), estima que el porcentaje de gasto en salud para atender a la población mayor costarricense aumentará de 17.9% en el 2016 a 27.5% en el 2030, por lo cual señala que el país debe preparar su sistema de salud al envejecimiento poblacional. En el informe sobre el impacto fiscal del cambio demográfico también se señala que es imperativo promover políticas de salud preventivas para aumentar la esperanza de vida saludable y disminuir el gasto del Estado en la atención de enfermedades no transmisibles (Contraloría General de la República, 2019).

La CCSS no cuenta con datos actualizados sobre patologías relacionadas con el deterioro cognitivo (Ministerio de Salud, 2016), por lo cual no es posible conocer su prevalencia ni caracterizar el envejecimiento cognitivo en la población costarricense. En el I Informe estado de situación de la persona adulta mayor en Costa Rica, elaborado en colaboración entre la Universidad de Costa Rica y el Consejo Nacional de la Persona Adulta Mayor (2008), se reportó que 27.9% de una muestra nacional representativa no presentó deterioro cognitivo, 53.8% presentó deterioro moderado y 18.3% presentó deterioro severo.

Datos más recientes con respecto al deterioro cognitivo en Costa Rica reportados por el Ministerio de Salud (2016), provienen de la Clínica de Memoria del Hospital Nacional de

Geriatría y Gerontología. En dicha unidad se han evaluado a más de 4000 personas con problemas de memoria, y han reportado el porcentaje de diagnósticos de diferentes tipos de demencia y deterioro cognitivo (Ministerio de Salud, 2016). Sin embargo, el reporte de características cognitivas a lo largo del envejecimiento se encuentra fuera de su alcance, y no se ha encontrado ninguna publicación que estudie esta temática específica.

La identificación de factores predictores de cambios cognitivos es de beneficio práctico, particularmente si estos predictores fueran modificables o identificables temprano en la vida. Específicamente, conocer si la preservación de la aptitud cardiorrespiratoria y de la fuerza muscular juega un papel protector en el mantenimiento de la función cognitiva es una pregunta de investigación importante, dado que estas capacidades físicas son modificables a través del entrenamiento físico sistemático y mantenido en el tiempo.

Además, el análisis de datos longitudinales es necesario para examinar de manera rigurosa las asociaciones multivariadas entre diferentes aspectos relacionados con el envejecimiento (Clouston et al., 2013). Aunque la correlación no implica causalidad, las relaciones causales requieren correlación, por lo cual los hallazgos longitudinales son un primer paso para estudiar el efecto de factores físicos sobre el desempeño cognitivo en la adultez y adultez mayor (McDonald et al., 2004). Los estudios longitudinales y correlacionales, como el propuesto en el presente documento, buscan identificar los factores que se asocian con y predicen el deterioro cognitivo futuro, ya que estas medidas tendrían un uso potencial para identificar a las personas en riesgo de sufrir deterioro cognitivo y diseñar estrategias de intervención.

Para el adecuado estudio de los cambios cognitivos asociados con el envejecimiento, es necesario contar con instrumentos de medición válidos y confiables. La validez se refiere a si un instrumento realmente mide el constructo o la variable que desea medir, y la

confiabilidad si ese instrumento se puede interpretar de manera consistente en diferentes contextos (Field, Miles & Field, 2012). Dada la importancia de contar con evidencia de la validez y confiabilidad de las pruebas utilizadas para evaluar constructos latentes como las funciones cognitivas y desempeño físico, surge la necesidad de estudiar la validez de las baterías de pruebas utilizadas en el estudio.

### **III. Propósito**

#### *a. Objetivos Generales*

1. Describir la estructura factorial de la batería de pruebas cognitivas para conocer cuántos y cuáles constructos son evaluados por medio de dichas pruebas.
2. Analizar si los cambios en desempeño físico están relacionados con los cambios en rendimiento cognitivo de personas costarricenses mayores de 55 años.

#### *b. Objetivos Específicos*

1. Describir longitudinalmente, las características cognitivas y capacidades físicas de la muestra para caracterizar los cambios en dichas variables a lo largo de los tres años de participación.
2. Determinar si existe una relación significativa entre el rendimiento cognitivo global y las variables de rendimiento físico para determinar si es posible estimar el rendimiento cognitivo global a partir de las variables de desempeño físico.
3. Determinar si existe una relación significativa entre cada factor del rendimiento cognitivo y las variables de rendimiento físico para determinar si es posible estimar el rendimiento en diferentes habilidades cognitivas a partir de las variables de desempeño físico.
4. Estimar, si es posible, el rendimiento cognitivo a partir de las variables de rendimiento físico para estudiar si los cambios físicos se relacionan con los cambios cognitivos.

#### **IV. Hipótesis**

1. Existe una relación significativa entre los puntajes de rendimiento cognitivo y físico.
2. Los cambios en rendimiento físico predicen los cambios en rendimiento cognitivo.
3. Las medias de los hombres y las mujeres para las variables de rendimiento cognitivo son diferentes controlando la variable de rendimiento físico.
4. Los cambios en el desempeño cognitivo en función del rendimiento físico son diferentes para los hombres y las mujeres.
5. Los factores de la batería de pruebas cognitivas se conforman como indica la teoría.



## **V. Metodología**

### *a. Diseño*

Para la realización de esta investigación, se utilizaron datos del proyecto B4364 “Comparación del envejecimiento físico y cognitivo en personas de los Estados Unidos de América y de Costa Rica”. Este es un proyecto inscrito formalmente en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica desde el 19 de agosto del 2016 (Anexo 1).

El estudio es de diseño correlacional dado que, a diferencia de los diseños experimentales, no hay manipulación de variables. La investigación correlacional proporciona una visión muy natural de la pregunta que se está investigando porque no se influye en lo que sucede y las medidas de las variables no deberían estar sesgadas por la presencia de la persona investigadora, lo cual es importante para la validez ecológica (Field et al., 2012).

### *b. Participantes*

Las personas participantes fueron reclutadas del Gran Área Metropolitana, como una submuestra de otro proyecto de investigación inscrito en la Vicerrectoría de Investigación con el código B3339 “EDAD, FASE 1: Envejecimiento saludable en zonas urbanas y rurales”.

Los criterios de inclusión fueron:

1. Personas capaces de entender y llenar el formulario de consentimiento informado.
2. Personas capaces de asentir verbalmente para participar en todas las evaluaciones programadas.
3. Personas con edades comprendidas entre 55 y 85 años.
4. Personas no institucionalizadas.
5. Personas con estado cognitivo intacto según el cribado inicial.

6. Personas con habilidades visuales y auditivas adecuadas para llevar a cabo todos los aspectos de las evaluaciones cognitivas y funcionales.
7. Personas cuyas dosis de sus medicinas fuesen estables al menos 30 días antes de la evaluación.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Personas con deterioro cognitivo moderado ( $MMSE < 24$ ).
2. Personas con trastornos psiquiátricos clínicos importantes definidos en el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales IV (en inglés, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV, DSM-IV), o con síntomas psiquiátricos significativos que podrían afectar la realización del estudio.
3. Personas con historia de accidente cerebrovascular clínicamente evidente.
4. Personas con infección clínicamente significativa en los últimos 30 días.
5. Personas con antecedentes de abuso o dependencia de drogas o alcohol en los últimos 2 años (DSM-IV).
6. Personas con probable enfermedad sistémica clínicamente significativa que resultase en el deterioro de la condición del paciente o que afectase la seguridad del paciente durante el estudio.
7. Personas con dolor significativo o con trastorno musculoesquelético que les impidiese la participación en las pruebas de aptitud física

En la tabla 2 se presenta la cantidad de personas que participó en cada año del estudio.

**Tabla 2.** Participación anual en el estudio.

<b>Momento de medición</b>	<b>Total (n)</b>	<b>Mujeres (n)</b>	<b>Hombres (n)</b>
2016-2017	78	52	26
2017-2018	110	76	34
2018-2019	84	58	26

*c. Variables del estudio*

Para la primera sección del estudio compuesta por el análisis factorial, las variables incluidas fueron los puntajes de todas las baterías de evaluación física y neuropsicológica.

Seguidamente, para el análisis de la relación entre las variables de capacidad física y rendimiento cognitivo, las variables fueron las siguientes:

*1. Dependientes*

Factores de desempeño cognitivo: a partir del análisis factorial de la batería de pruebas neurocognitivas, se identificaron los factores que fueron evaluados. Cada uno de estos factores representa una variable dependiente en el análisis.

*2. Independientes o predictoros*

2.1. Factores de desempeño físico: a partir del análisis factorial de la batería de pruebas físicas, se construyeron los factores. Cada uno de estos factores representa una variable independiente en el análisis.

2.2. Fuerza de prensión manual.

2.3. Consumo de oxígeno pico.

*3. Covariable*

3.1. Edad.

*4. Variable de comparación*

4.1. Sexo.

#### *d. Instrumentos de medición*

##### *1. Pruebas físicas*

*1.1. Senior Fitness Test (SFT).* Consiste en una batería de pruebas para evaluar las capacidades físicas de personas adultas mayores. Es considerada una prueba de aptitud funcional, es decir, de la capacidad para realizar actividades de la vida diaria de manera segura e independiente (Rikli & Jones, 2013). A continuación, se describen las siete pruebas que conforman la batería.

*1.1.1 Levantarse y sentarse en la silla (Silla\_Levantar).* Mide la fuerza de los miembros del tren inferior. Se le pide a la persona participante que se sienta en la mitad del asiento con los pies planos sobre el suelo, y los brazos cruzados sobre el pecho. A la señal de “¡Ya!”, se le pide que se levante del asiento completamente, y que luego se siente. Se anota la cantidad de veces que se levantó durante los 30 segundos de duración de la prueba.

*1.1.2 Flexión de codo con peso (Flexión\_codo).* Se utiliza para medir la fuerza de los miembros del tren superior. La persona se sienta sosteniendo el peso a un lado de su cuerpo, perpendicular al suelo. Se le solicita que levante el peso y que, flexionando su codo, lleve el peso a la altura de su hombro. Al indicar la señal, la persona realiza el movimiento completo la mayor cantidad de veces en 30 segundos y se anota la cantidad de veces que levantó el peso.

*1.1.3 Marcha estática de dos minutos (Pasos).* Evalúa la capacidad aeróbica/cardiovascular. Se establece la altura a la que la persona elevará las rodillas, midiendo el punto intermedio entre la cresta iliaca y la rodilla de la persona. Junto a la pared se coloca una marca con cinta adhesiva para que el participante sepa hasta dónde debe subir las rodillas al marchar sobre un

mismo lugar. A la señal de “Ya”, se le solicita a la persona participante que marche levantando las rodillas al nivel de la marca con cinta en la pared. Se anota la cantidad de veces que logró marchar durante dos minutos, contando como una repetición cada vez que la pierna derecha alcanza la marca.

*1.1.4 Flexibilidad en silla (Flex\_tronco).* Se utiliza para medir la flexibilidad del tren inferior. Se le pide la persona que se sienta en el borde de la silla, y que extienda la pierna dominante, de manera que el talón quede al frente del cuerpo, y el tobillo a 90°. La otra pierna se flexiona y el pie queda completamente plano sobre el piso. Con una mano sobre la otra con los dedos del medio al mismo nivel, se le pide que se incline hacia adelante lo más que pueda, tratando de tocar o sobrepasar los dedos de los pies. Se anota la distancia alcanzada en centímetros. Se usa el símbolo (–) si los dedos de las manos no alcanzan los dedos de pie, y el símbolo (+) si sobrepasa los dedos de los pies.

*1.1.5 Rascarse la espalda (Flex\_espalda).* Mide la flexibilidad del tren superior. Se le pide a la persona participante que flexione el brazo preferido sobre la cabeza, de manera que la palma de la mano alcance la espalda, y que el otro brazo lo flexione detrás de la cadera, de manera que trate de alcanzar el dedo del medio de la otra mano. Se permite que practique por ambos lados, de manera que use la posición preferida en la prueba. Se dan dos intentos y se mide y anota la distancia en centímetros entre los dedos del medio. Se usa el símbolo (–) si los dedos de las manos no se tocan, y el símbolo (+) si sobrepasan los dedos.

- 1.1.6 Levantarse de la silla y recorrer 2.44 m (TUG).* Evalúa la agilidad y el equilibrio dinámico. La persona se sienta en la mitad del asiento, con las manos en los muslos y un pie ligeramente delante del otro, y el torso ligeramente inclinado hacia adelante. Al indicar la señal, se le pide que se levante del asiento y camine lo más rápido posible, rodeando el cono, y de regreso para sentarse en la silla. El cronómetro se inicia cuando se da la señal de levantarse y se detiene cuando la persona regresa y se sienta en la silla. Se realizan dos intentos y se anota el tiempo en segundos de cada intento. Se usa el mejor intento; es decir, el menor tiempo alcanzado.
- 1.1.7 Caminata de seis minutos (Caminata\_seism).* Se utiliza para evaluar la capacidad aeróbica/cardiovascular. Se marca la distancia que recorrerá la persona. Se le pide que se coloque en la marca de salida y a la señal de “Ya”, debe caminar lo más rápido posible (sin correr) ida y vuelta en el espacio señalado durante seis minutos. Al finalizar el tiempo, quien administra la prueba pone una marca donde finalizó la persona participante para calcular la distancia recorrida, anotando la cantidad de vueltas completadas y multiplicándolas por la distancia para obtener la cantidad total de metros recorridos.
- 1.2. Prueba de fuerza de prensión manual (Prension\_manual).* Se utilizó un dinamómetro marca Jamar (Patterson Medical, Nottinghamshire, UK). Se ajustó la barra de agarre de forma para cada participante, de forma que la segunda articulación de los dedos calzara debajo de la manija. El dinamómetro se estableció en cero. Se le solicitó a la persona, en posición sentada, que sostuviera el dinamómetro con su mano dominante en línea con el antebrazo, al nivel del muslo lejos del cuerpo. Se le instruyó al sujeto

que apretara tan fuerte como pueda sin sostener la respiración. Este procedimiento se realizó tres veces, y se utilizó el resultado más alto como el valor de fuerza máxima de prensión.

- 1.3. *Prueba gradual máxima (ConsumoOx\_pico)*. Para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria de los participantes, se realizó una prueba gradual de ejercicio en banda sin fin usando el protocolo de Bruce modificado (diseñado para los adultos mayores). Los participantes iniciaron caminando a 2.73 km/h y 0% de inclinación. En cada intervalo de 2 min, se incrementó el grado de inclinación de la banda, la velocidad o ambas. Los participantes fueron monitoreados con un electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones para observar continuamente la frecuencia y el ritmo cardíaco. Se analizaron los gases espirados ( $VO_2$  y  $VCO_2$ ), los cuales se recogieron continuamente (cada respiración) con un carro metabólico marca Jaeger CPX (CareFusion Corporation, San Diego, CA). El  $VO_{2\text{máx}}$  se alcanzó cuando se reunieron al menos tres de los cuatro siguientes criterios: a) una estabilización en el  $VO_2$ , b) una tasa de intercambio respiratorio ( $RER$ ) = 1.10, c) un 90% de la frecuencia cardíaca máxima predicha según la edad, d) fatiga voluntaria. Adicionalmente, durante la prueba, la persona profesional en medicina se aseguró de observar un trazo normal en el ECG, y en caso de que observara alguna alteración de importancia, ordenaba la finalización de la prueba.

## 2. *Pruebas neurocognitivas*

- 2.1. *Mini Mental State Examination (MMSE)*. Este instrumento consiste en una evaluación breve de conciencia cognitiva básica, memoria episódica y construcción visuoespacial. Esta prueba no se debe utilizar para realizar diagnósticos; sin embargo, permite identificar si una persona pudiese tener deterioro cognitivo. La prueba se

- puntúa de 0 a 30, y una puntuación menor a 25 indica un posible deterioro cognitivo y menor a 21 es una señal de demencia (Folstein et al., 1975; Berryman et al., 2014).
- 2.2. *Logic Memory*. Se aplicaron las dos formas de esta prueba. En la primera (*MemLog*) se requiere recuerdo en prosa de breves pasajes narrativos inmediatamente después de la presentación auditiva de la historia (lectura en voz alta). En la segunda (*MemLog\_Ret*) se requiere el recuerdo de los mismos pasajes narrativos después de un retraso de 20-30 min de la presentación auditiva de la historia. El instrumento evalúa la memoria lógica y la memoria de recuerdo (Wechsler, 1997).
  - 2.3. *Category fluency*. La prueba consiste en la generación en voz alta de una lista de palabras dentro de una categoría. Se aplicó con dos claves: una lista de animales (*FluidezVerb\_ani*) y una lista de vegetales (*FluidezVerb\_veg*). Evalúa el funcionamiento ejecutivo y control cognitivo (Goodglass & Kaplan, 1983a).
  - 2.4. *Trail Making Test*. Las formas A (*TMT\_A*) y B (*TMT\_B*) de esta prueba fueron aplicadas como mediciones de procesamiento visuoespacial (A), función ejecutiva (B) y control cognitivo (B). Requiere buscar números y letras y dibujar líneas para conectarlos en orden (Armitage, 1946).
  - 2.5. *Digit Symbol Substitution Test (Sust\_digitos)*. Prueba de velocidad psicomotora que implica atención sostenida y habilidad de procesamiento cognitivo en la transcripción de pares de dígitos y símbolos (Wechsler, 1997).
  - 2.6. *Boston Naming Test (Boston)*. En la aplicación de este instrumento para la evaluación de habilidades verbales, se presentan dibujos simples de líneas y se le solicita a la persona nombrar el objeto que está observando (Goodglass & Kaplan, 1983b).



- 2.7. *Block Design (Bloques)*. Requiere la construcción visuoespacial y destrezas motoras finas utilizando bloques en forma de cubo para formar figuras iguales a las que se presentan en una lámina (Wechsler, 1997).
- 2.8. *Stroop Test*. Se aplicaron las tres formas de esta prueba clásica: a) nombramiento de color (*Stroop\_color*), b) lectura (*Stroop\_lectura*) y c) incongruente (*Stroop\_interf*). Cada forma evalúa distintas funciones cognitivas como la velocidad de procesamiento (lectura), procesamiento visuoespacial (color), función ejecutiva y control cognitivo (incongruente) (Stroop, 1935).
- 2.9. *Free and Cued Selective Reminding Test (SRT)*. Es una prueba de memoria recomendada para la evaluación de memoria en personas mayores o con deterioro cognitivo, donde las personas deben recordar 16 imágenes por medio de recuerdo libre o con una clave para recordar (Grober & Buschke, 1987; Grober, Merling, Heimlich, & Lipton, 1997).
- 2.10. *Crossing Off (Tachar)*. Es una tarea psicomotora sencilla, donde la persona debe tachar por la mitad 96 líneas horizontales tan rápido como pueda. Se utiliza para evaluar la velocidad de procesamiento y la capacidad psicomotora (Ferreira et al., 2010).
- 2.11. *Letter Number Sequencing (Secuencia)*. Prueba de memoria inmediata para números y letras, que requiere mantener y manipular la información en mente y luego repetirla en una secuencia específica (Wechsler, 1997).
- 2.12. *Digit Span*. De esta prueba, tanto la versión de la prueba de dígitos directos (*Dígitos\_Directos*) como la de dígitos inversos (*Dígitos\_Inversos*) fueron utilizadas para evaluar la memoria de trabajo (inversos) y memoria inmediata (directos) (Wechsler, 1997).

- 2.13. *Hidden Patterns (Patrones)*. Prueba que requiere la identificación de un patrón dentro de figuras más complejas (Johnson, Bouchard, Krueger, McGue, & Gottesman, 2004).
- 2.14. *Identical Pictures (Dibujos\_ident)*. Tarea donde se debe encontrar un dibujo idéntico a un estímulo de referencia (Johnson et al., 2004).

*e. Procedimientos*

Cada año, las y los participantes asistieron dos días al Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano. En la primera sesión se leyó y explicó el formulario de consentimiento informado (Anexo 2), el cual fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica. Seguidamente, la persona firmó la fórmula y se le entregó una copia.

A continuación, la persona profesional en medicina realizó una entrevista de salud general para obtener el permiso médico de participar en las siguientes pruebas. Luego se aplicó la batería de pruebas del *SFT* y se realizó la medición de la fuerza de prensión manual. Posteriormente, se realizó la prueba gradual sobre la banda sin fin para determinar el  $VO_2\text{máx}$ . En la segunda sesión se aplicó la batería de pruebas neurocognitivas y una prueba de densitometría ósea y composición corporal.

*f. Consideraciones éticas*

Este estudio sigue las normativas nacionales e internacionales para la protección de los sujetos que participan en proyectos de investigación. Todas las personas participantes recibieron una copia de la fórmula del consentimiento informado. El profesor tutor y responsable del proyecto está certificado por el Consejo Nacional de Investigación en Salud (CONIS) como investigador principal de estudios observacionales e intervencionales (Código N° 2037-2019).

En este estudio se consideró como positiva la participación de una persona, luego de evaluar la relación de riesgo/beneficio, por los siguientes motivos:

- a. En personas de toda edad, existe suficiente y contundente evidencia que indica que realizar actividad física es positivo para la salud. A pesar de ello, los participantes pasaron por momentos de incomodidad, al tener que esforzar sus músculos, los cuales no necesariamente estaban acostumbrados a utilizar. Eso en algunos casos les produjo dolor, pero no un dolor crónico, sino inmediato, por lo que ese malestar desapareció en 48 horas, aproximadamente.
- b. La persona obtuvo con el mejor instrumento accesible en el país, una valoración de la cantidad de grasa corporal y la densidad de sus huesos (densitometría ósea), lo que le proporcionó información valiosa para su salud. Siempre se les recomendó que llevaran ese examen al profesional en medicina del EBAIS, clínica, hospital, para su interpretación en el contexto de su expediente médico.
- c. El examen de la cantidad de grasa con la radiografía empleó un poco de radiación; sin embargo, los médicos consideran que el riesgo es muy bajo comparado con los beneficios. Para reducir los riesgos, existe una comisión en la Universidad de Costa Rica, que se encarga de velar porque los equipos que emiten radiaciones estén funcionando debidamente. El profesor tutor y responsable del proyecto calibró el equipo diariamente para verificar que funcionara correctamente y cuenta con el permiso de funcionamiento del Ministerio de Salud. El procedimiento de medición en cada persona duró aproximadamente seis minutos. Se ha estimado que la cantidad de radiación que emiten los equipos DXA es baja ( $\sim 0.5 \mu\text{Sv}$ ) comparada con una radiografía convencional de rayos X ( $40 \mu\text{Sv}$ ), y se ha calculado que la radiación efectiva es similar a la radiación natural del medio ambiente que puede recibir una persona durante un día a nivel del mar

(Shepherd, Ng, Sommer, & Heymsfield, 2017). La radiación es tan baja, que no se requiere usar prendas de plomo como las que se usan en los hospitales. Este procedimiento ya había sido aprobado por el Comité Ético Científico de la UCR cuando se hicieron otros estudios.

*g. Análisis estadístico*

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico IBM-SPSS Statistics, versión 23 (Armonk, NY, USA), IBM-SPSS AMOS versión 24, así como el lenguaje estadístico R versión 3.6.1 (R Core Team, 2018). En general, se calcularon estadísticas descriptivas ( $M \pm DE$ ) para las variables continuas y la significancia estadística para las pruebas de hipótesis se estableció en  $p \leq 0.05$ . Específicamente, para responder a los objetivos del estudio se utilizaron las siguientes técnicas:

1. *Análisis factorial exploratorio.* Para obtener evidencia confiable en el estudio de cambios asociados con el envejecimiento, fue necesario evaluar la validez y confiabilidad de las baterías de pruebas implementadas para evaluar las funciones cognitivas y físicas. Una técnica utilizada habitualmente para obtener evidencia de validez en cuanto a la estructura interna de pruebas psicométricas es el análisis factorial (Martínez-Arias et al., 2006).

El análisis factorial es una técnica utilizada para analizar patrones en relaciones complejas y multidimensionales. Permite examinar las relaciones subyacentes para una amplia cantidad de variables y determinar si la información se puede condensar o resumir en una menor cantidad de factores o componentes. Su objetivo es definir la estructura subyacente en las variables de un análisis. En este análisis se busca analizar la estructura de las correlaciones entre una amplia cantidad de variables al definir subconjuntos de variables que están muy correlacionadas. Dichos subconjuntos conforman los factores. Se asume que

los factores representan dimensiones o constructos dentro de los datos (Hair, Black, Babin & Anderson, 2014).

En el presente proyecto se realizó un análisis factorial exploratorio para cada una de las baterías de pruebas. La característica distintiva de este procedimiento es que los factores se derivan de resultados estadísticos, no de la teoría. Esto significa que, al analizar los datos, se permite que el patrón subyacente de los datos determine la estructura del factor. Por tanto, el análisis exploratorio se realiza sin saber cuántos factores existen o cuáles variables pertenecen a cuáles constructos. Se utilizan pautas establecidas para determinar qué variables se cargan en un factor en particular y cuántos factores son apropiados. A los factores que surgen solo se les puede asignar un nombre (para poder diferenciarlos) después de que se haya realizado el análisis factorial (Hair et al., 2014).

Antes de extraer los factores, se estimó la medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para verificar la adecuación de muestreo y la prueba de esfericidad de Bartlett para determinar si existía una correlación adecuada que justificara el análisis factorial (Hair et al., 2014).

Los procedimientos de análisis factorial se basan en el cálculo inicial de una matriz de correlaciones entre las variables que se incluyen en el análisis. Luego, esta matriz se utiliza para obtener otra matriz que contiene cargas factoriales para cada variable en cada factor derivado. Las cargas se interpretan luego para identificar la estructura subyacente de las variables (Hair et al., 2014).

De acuerdo con Hair et al. (2014), los distintos métodos de extracción de factores llevan a los mismos resultados cuando la mayoría de las comunalidades (i.e., la cantidad total de varianza que comparte una variable original con todas las demás variables incluidas en el análisis) exceden 0.6, por lo cual se utilizó el método que mejor permitiera diferenciar los factores. Meyers, Gamst y Guarino (2016) indican que el método de extracción no hace

diferencia en la interpretación de los resultados siempre que se esté trabajando con variables que estén razonablemente relacionadas con los factores. Para ambos análisis factoriales, se utilizó el método de rotación oblicua debido a que no es posible asumir que los factores sean independientes (Hair et al., 2014).

2. *Análisis Factorial Confirmatorio.* Después de realizar los análisis exploratorios para la batería de pruebas neuropsicológicas y físicas, se procedió a confirmar la estructura factorial con una submuestra aleatoria. El análisis confirmatorio se utiliza para proporcionar una prueba confirmatoria de la teoría de medición. Una teoría de medición establece de qué forma las variables medidas representan lógica y sistemáticamente los constructos involucrados en un modelo teórico. Es decir, la teoría de medición especifica una serie de relaciones que sugieren cómo las variables medidas representan un constructo latente que no se mide directamente. La confirmación del modelo factorial incluye el análisis de la evidencia de validez convergente y validez discriminante de cada factor, así como el análisis del ajuste del modelo en general (Hair et al., 2014). Los criterios utilizados para analizar esta evidencia se resumen en la tabla 3 (Gaskin & Lim, 2016; Hu & Bentler, 1999).

Asimismo, la evidencia de validez discriminante según Gaskin y Lim (2016) se interpreta a partir de la baja correlación entre los factores del modelo ( $< 0.70$ ), mientras que la validez convergente se considera adecuada cuando los indicadores del factor presentan cargas factoriales mayores a 0.50 y su promedio es igual o mayor a 0.70.

**Tabla 3.** Criterios de evaluación de la validez y ajuste del modelo factorial.

Nombre en español	Nombre y siglas en inglés	Criterio de validez o ajuste adecuado
Confiabilidad de constructo	Composite Reliability (CR)	> 0.70
Varianza media extraída	Average Variance Extracted (AVE)	> 0.50
Varianza compartida máxima	Maximum Shared Variance (MSV)	< AVE
Índice de ajuste comparativo	Comparative Fit Index (CFI)	> 0.90
Error cuadrático medio de aproximación	Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	< 0.05
Residual cuadrático medio estandarizado	Standardized Root Mean Square Residual (SRMR)	< 0.09

3. *Análisis descriptivo de características de la muestra.* Para describir longitudinalmente las características cognitivas y físicas de la muestra, se elaboraron gráficos reportando dichas variables a lo largo de los tres momentos de medición, así como sus relaciones. Esto permite inspeccionar los datos y estudiar las tendencias en los cambios en los factores en el tiempo (Field et al., 2012).

4. *Modelo de regresión múltiple.* La regresión múltiple es una técnica que utiliza varias variables (independientes o predictoras) para predecir o explicar el comportamiento de una variable criterio (variable dependiente). Esta técnica permite determinar cuáles variables son mejores predictoras o dan un mayor aporte a la explicación de la variable criterio (Meyers et al., 2016). En el presente proyecto se pretendió predecir puntajes de desempeño cognitivo a partir de los puntajes de rendimiento en las pruebas de aptitud física.

Para cada modelo de regresión se comprobaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad y no multicolinealidad utilizando los gráficos de cuantiles, la prueba de Breusch-Pagan y el factor de inflación de la varianza (VIF, siglas en inglés) respectivamente.



## VI. Resultados

### *Características de la muestra*

En la tabla 4 se presentan las características de las personas participantes en cada momento de medición. Únicamente fueron incluidas las personas que no tuvieron datos perdidos, completando la totalidad de las pruebas.

**Tabla 4.** Características de las personas participantes en cada momento de medición.

<b>Característica</b>	<b>2016-2017</b>	<b>2017-2018</b>	<b>2018-2019</b>
N	76	95	67
Edad (años)*	68.45 ± 4.65	69.07 ± 4.54	70.85 ± 4.43
Mujeres (n, %)	51 (67.10%)	66 (69.47%)	46 (68.66%)
Hombres (n, %)	25 (32.89%)	29 (30.53%)	21 (31.34%)
Peso (kg)*	68.70 ± 12.97	68.56 ± 11.75	66.74 ± 12.80
Estatura (cm)*	158.74 ± 8.80	158.19 ± 9.11	156.36 ± 10.38
VO <sub>2</sub> pico (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )*	22.91 ± 4.29	22.94 ± 5.24	20.47 ± 5.49
Masa grasa (%)*	38.28 ± 8.43	39.25 ± 8.87	38.19 ± 9.58
Puntaje MMSE*	29.37 ± 1.19	28.62 ± 1.55	28.69 ± 1.67

\*Los valores son M ± DE.

### *a) Análisis Factorial*

#### *Análisis Factorial Exploratorio: aptitud física*

Para estudiar la estructura factorial de la batería de pruebas físicas, todos los instrumentos de la batería fueron sometidos a un análisis factorial exploratorio con rotación oblicua (Promax). La medida KMO (0.79) verificó la adecuación de muestreo y la prueba de esfericidad de Bartlett indicó una estructura de correlación adecuada para el análisis factorial ( $\chi^2$  aprox. = 683.88, g.l = 28,  $p \leq 0.001$ ).

El análisis con el método de extracción de factores de máxima verosimilitud con un punto de corte de 0.5 y el criterio de autovalores mayores a 1.0 creó una solución de dos

factores que mejor se ajusta a los datos, explicando un 50.54% de la varianza. La matriz de patrón se presenta en la tabla 5. Para facilitar la lectura e interpretación de la matriz de patrón, se presentan únicamente los coeficientes con valores superiores a 0.3.

Como se observa en la tabla 5, se identificaron dos factores, denominados Aptitud Física Funcional y Aptitud Física relacionada con Salud. Para lograr evidencia de validez discriminante, fue necesario eliminar algunos instrumentos de la batería de pruebas físicas, de forma que el modelo incluye ocho instrumentos. Ambos factores evidencian que existe una baja consistencia interna determinada por medio del  $\alpha$  de Cronbach para la Aptitud Física Funcional (0.26) y para la Aptitud Física relacionada con Salud (0.32).

**Tabla 5.** Matriz de patrón para las Pruebas Físicas.

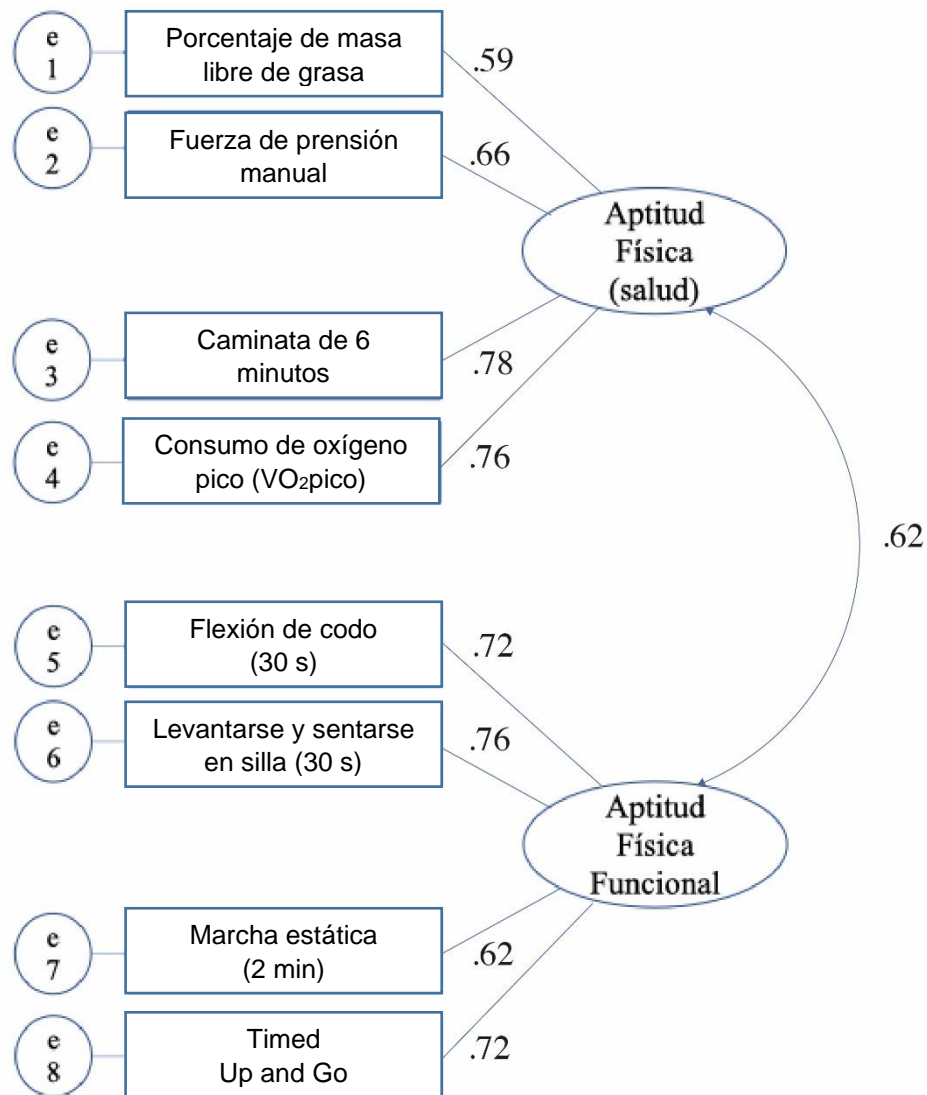
<b>Indicadores</b>	<b>Factores</b>	
	<b>Aptitud Física Funcional</b>	<b>Aptitud Física relacionada con Salud</b>
Silla_Levantar	0.77	
Flexión_codo	0.74	
Pasos	0.65	
TUG	0.57	
Prension_manual		0.77
Caminata_seism		0.73
Libre_grasa		0.72
ConsumoOx_pico		0.60

Método de extracción: máxima verosimilitud.

Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

*Análisis Factorial Confirmatorio: variables de aptitud física.*

El modelo de dos factores que emergió del análisis exploratorio fue sometido a un análisis factorial confirmatorio utilizando una submuestra aleatoria (Figura 2).



**Figura 2.** Modelo de dos factores de la batería de pruebas físicas.

El modelo alcanzó un ajuste adecuado bajo los criterios de residual cuadrático medio estandarizado (SRMR= 0.07) y el índice de ajuste comparativo (CFI= 0.93).

Tanto el factor de Aptitud Física relacionada con Salud como el de Aptitud Física Funcional evidencian adecuada validez convergente, al presentar cargas factoriales mayores a 0.50 en todos sus indicadores. Además, el promedio de los indicadores en ambos factores es de 0.70 (Gaskin. & Lim, 2016).

Como se detalla en la tabla 6, la medida de validez convergente AVE es de 0.50 para el factor Aptitud Física Funcional y de 0.49 para Aptitud Física relacionada con Salud, apenas acercándose al criterio de corte considerado como adecuado de 0.50 (Hu & Bentler, 1999). Sin embargo, algunos autores consideran el AVE como una medida muy estricta de validez convergente (Henseler, Ringle & Sarstedt, 2015; Malhotra & Dash, 2011). Asimismo, las medidas CR son de 0.79 y 0.80 para Aptitud Física relacionada con Salud y Aptitud Física Funcional, respectivamente, sugiriendo buena confiabilidad de constructo. Aunque la correlación entre los dos factores es significativa ( $r = 0.62$ ,  $p < 0.001$ ), de acuerdo con Gaskin y Lim (2016), únicamente las correlaciones mayores a 0.7 son una amenaza para la validez discriminante.

**Tabla 6.** Análisis de validez para el modelo de Pruebas Físicas.

	CR	AVE	MSV	Aptitud Física (Salud)	Aptitud Física Funcional
<b>Aptitud Física (Salud)</b>	0.79	0.49	0.38	<b>0.71</b>	
<b>Aptitud Física Funcional</b>	0.80	0.50	0.38	0.62***	<b>0.70</b>

CR: confiabilidad de constructo adecuada ( $> 0.70$ )

AVE: varianza media extraída inadecuada ( $< 0.50$ )

MSV: varianza compartida máxima adecuada ( $< AVE$ )

**Raíz cuadrada del AVE adecuada** ( $>$  correlaciones)

\*\*\*correlación significativa  $p < 0.001$

### *Análisis Factorial Exploratorio: habilidades cognitivas*

Los instrumentos de la batería de pruebas cognitivas fueron sometidas a un análisis factorial exploratorio con rotación oblicua (Promax). La medida KMO (0.83) verificó la adecuación de muestreo y la prueba de esfericidad de Bartlett proporcionó evidencia de una estructura de correlación adecuada ( $\chi^2$  aprox. =1337.71, g.l = 91,  $p \leq 0.001$ ).

**Tabla 7.** Matriz de patrón para las Pruebas Cognitivas.

Indicadores	Factor			
	Ejecutivo	Memoria Verbal	Memoria Lógica	Denominación y lectura
Patrones	0.82			
Dibujos_ident	0.53			
Stroop_interf	0.50			
TMT_A	0.49			
TMT_B	0.54			
Bloques	0.89			
Sust_digitos	0.73			
SRT_libre1		0.63		
SRT_libre2		0.75		
SRT_libre3		0.84		
MemLog_Ret			0.84	
MemLog			0.95	
Stroop_color				.82
Stroop_lectura				.78

Método de extracción: factorización de eje principal.

Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

Utilizando el método de extracción de factores de Factorización de Eje Principal con un punto de corte de 0.50 y el criterio de autovalores  $> 1$ , se creó una solución de cuatro

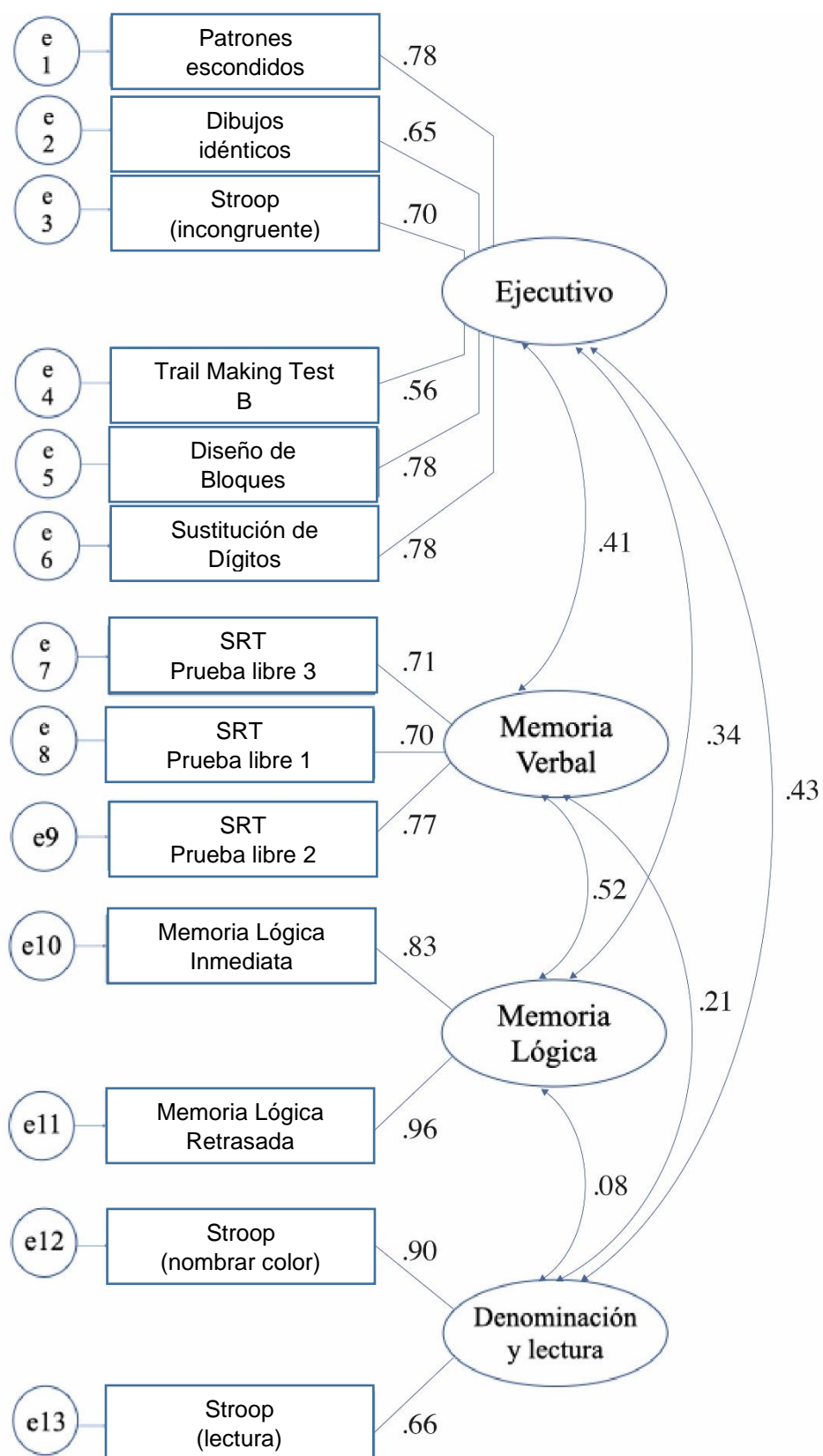
factores que explican 56.41% de la varianza. En la Tabla 7 se presenta la matriz de patrón. La consistencia interna de los cuatro factores, reportada como el  $\alpha$  de Cronbach es adecuada para todos los factores (Ejecutivo = 0.75, Memoria Verbal = 0.78, Memoria Lógica= 0.88, y Denominación y Lectura = 0.75).

*Análisis Factorial Confirmatorio: habilidades cognitivas*

El modelo de cuatro factores que emergió del análisis exploratorio fue sometido a un análisis factorial confirmatorio (Figura 3). El modelo alcanzó un excelente ajuste bajo los criterios CFI = 0.98 y SRMR = 0.06.

Los factores Funcionamiento Ejecutivo, Memoria Verbal, Memoria Lógica y Denominación y Lectura presentaron cargas mayores a 0.50 en todos sus indicadores, y los mismos promediaron 0.71, 0.73, 0.90 y 0.78 para cada factor, respectivamente, evidenciando una adecuada validez convergente (Gaskin & Lim, 2016). Asimismo, los valores AVE y CR de dichos factores aportaron evidencia de adecuada validez convergente (Tabla 8).

A pesar de las relaciones significativas entre algunos de los factores, estas son menores a 0.7, lo cual no representa una amenaza contra la validez discriminante (Gaskin y Lim, 2016).



**Figura 3.** Modelo de cuatro factores de la batería de pruebas cognitivas.

**Tabla 8.** Análisis de validez para el modelo preliminar de Pruebas Cognitivas

	CR	AVE	MSV	Ejecutivo	Memoria Verbal	Memoria Lógica	Denominación y lectura
<b>Ejecutivo</b>	0.86	0.51	0.19	<b>0.71</b>			
<b>Memoria Verbal</b>	0.77	0.53	0.27	0.41**	<b>0.73</b>		
<b>Memoria Lógica</b>	0.89	0.81	0.27	0.34**	0.52**	<b>0.90</b>	
<b>Denominación y Lectura</b>	0.76	0.62	0.19	0.43**	0.21	0.08	<b>0.79</b>

CR: confiabilidad de constructo adecuada ( $> 0.70$ )

AVE: varianza media extraída inadecuada ( $< 0.50$ )

MSV: varianza compartida máxima adecuada ( $< AVE$ )

**Raíz cuadrada del AVE adecuada** ( $>$  correlaciones)

\*\*\*correlación significativa  $p < 0.01$



*b) Descripción longitudinal*

Para la descripción y análisis longitudinal del presente trabajo se incluyeron los puntajes de las personas participantes que completaron todas las pruebas en los tres momentos de medición. Las características generales de esta submuestra y sus puntajes en cada factor se encuentran en la tabla 10.

Con el fin de describir longitudinalmente las características cognitivas y físicas de las personas participantes, se elaboraron gráficos de los puntajes de cada factor en los tres momentos de medición. En las figuras 5 a 12 se observan dichos gráficos, donde en el eje de las abscisas “ $x$ ” se ubica el tiempo y en el eje de las ordenadas “ $y$ ”, se presentan los puntajes de los factores. En estos últimos, una puntuación de 0 representa el promedio.

**Tabla 9.** Características de la muestra longitudinal\*.

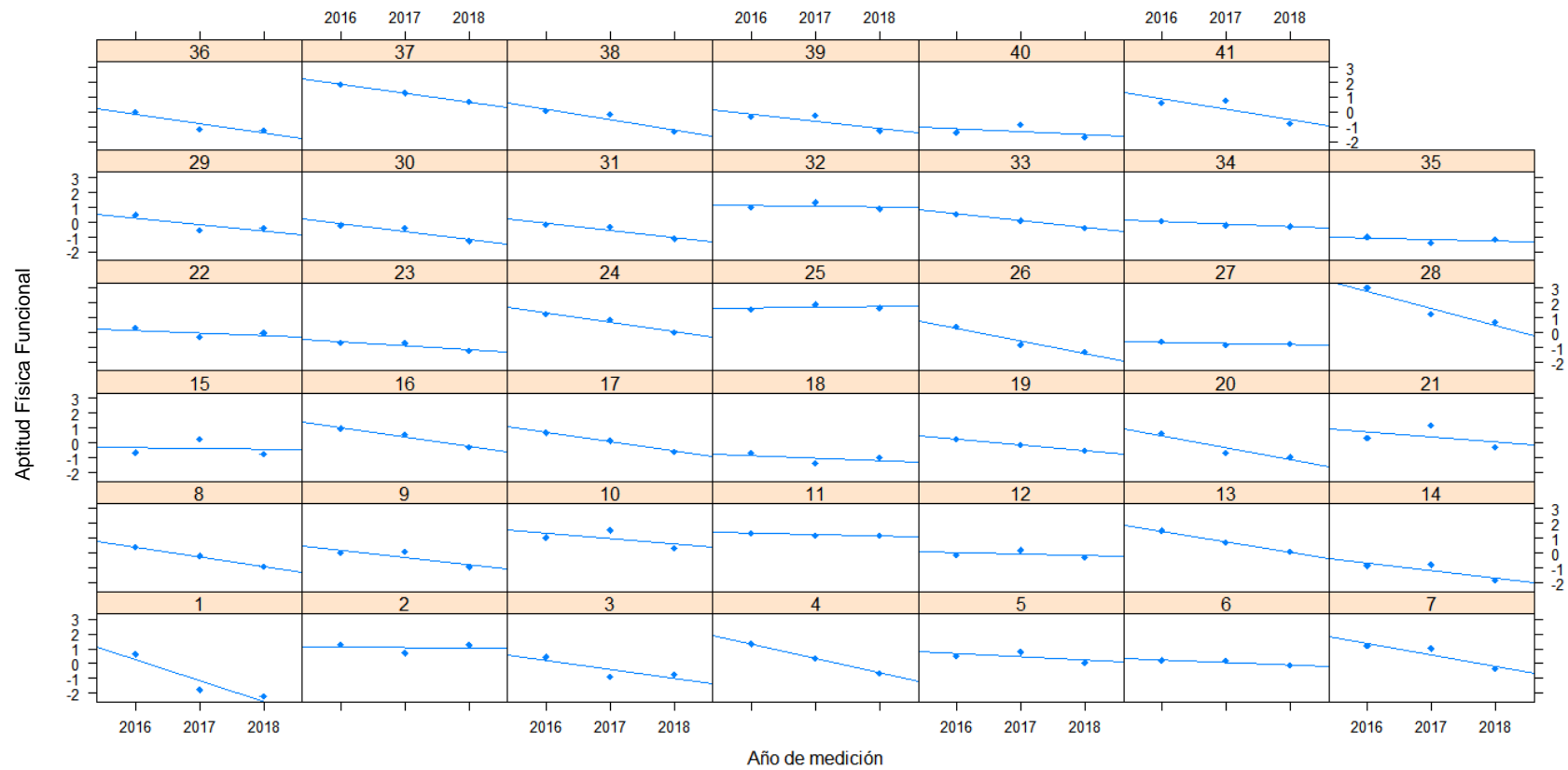
<b>Factores</b>	<b>Año de medición</b>		
	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>n</b>	41	41	41
Hombres	12	12	12
Mujeres	29	29	29
<b>Edad</b>	67.73	69.56	71.24
Hombres	68.00	69.75	71.50
Mujeres	67.62	69.48	71.14
<b>Aptitud Física Funcional</b>	-0.02	0.21	-0.09
Hombres	0.92	1.15	0.88
Mujeres	-0.41	-0.18	-0.50
<b>Aptitud Física (Salud)</b>	0.43	0.07	-0.48
Hombres	0.79	0.56	-0.11
Mujeres	0.27	-0.14	-0.64
<b>Función Ejecutiva</b>	0.06	0.13	0.12
Hombres	0.38	0.35	0.36
Mujeres	-0.07	0.03	0.03
<b>Memoria Verbal</b>	0.29	-0.04	0.21
Hombres	0.22	-0.28	0.23
Mujeres	0.32	0.06	0.20
<b>Memoria Lógica</b>	0.27	-0.08	0.15
Hombres	0.36	-0.33	0.04
Mujeres	0.24	0.03	0.20
<b>Denominación y Lectura</b>	0.23	-0.06	-0.04
Hombres	0.33	-0.25	-0.04
Mujeres	0.19	0.02	0.04

\*Los valores son promedios.

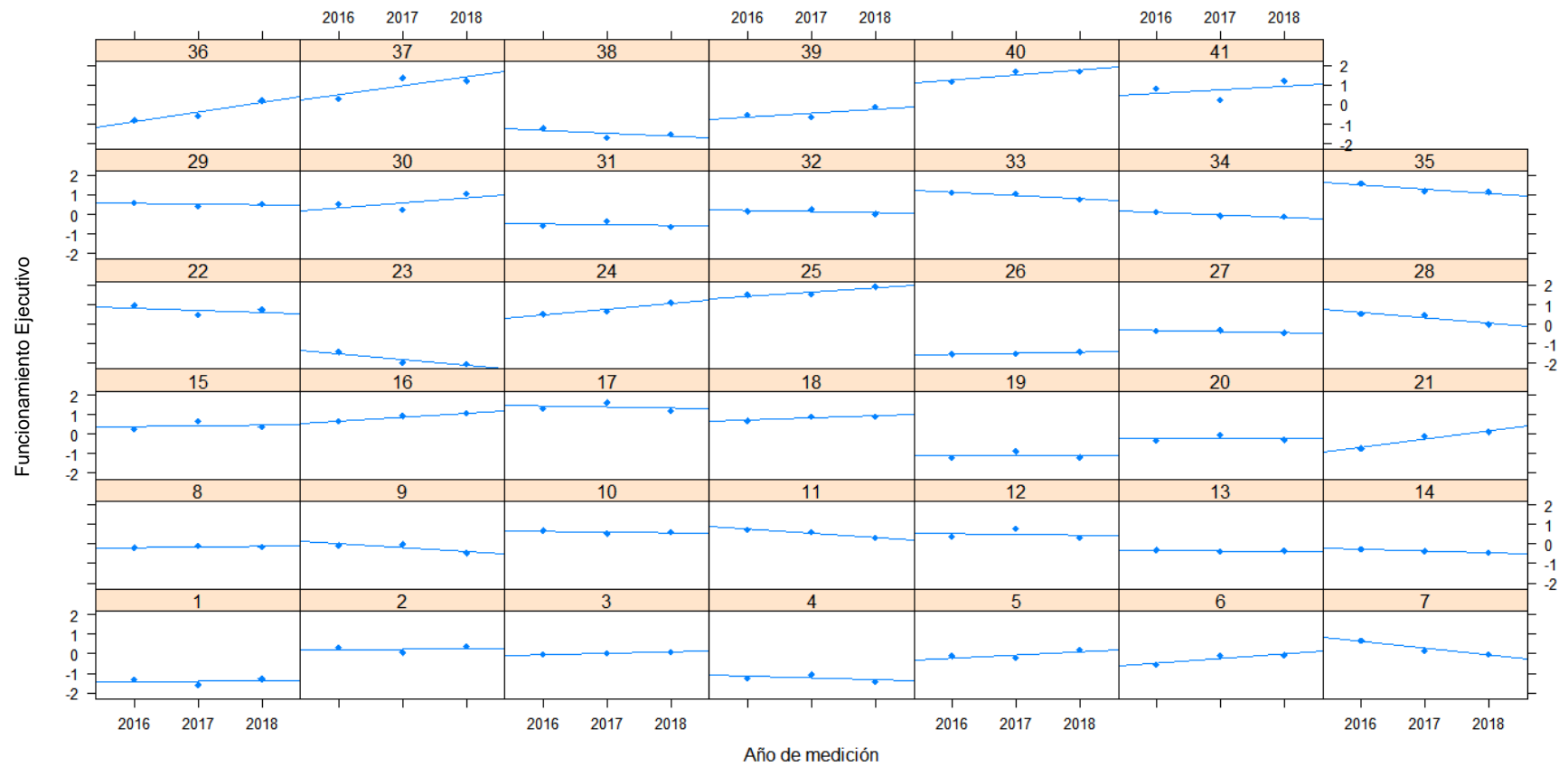
Como se puede observar en los gráficos, para la mayoría de los participantes, los puntajes de los factores tanto físicos como cognitivos se mantuvieron estables, presentándose una baja variabilidad en el tiempo. Se encontraron casos excepcionales donde hubo un cambio mayor a un punto (ver participante 28 en figura 5 y participante 37 en figura 7); no obstante, la tendencia observada en la muestra es una de mantenimiento de puntuaciones estables en el tiempo.



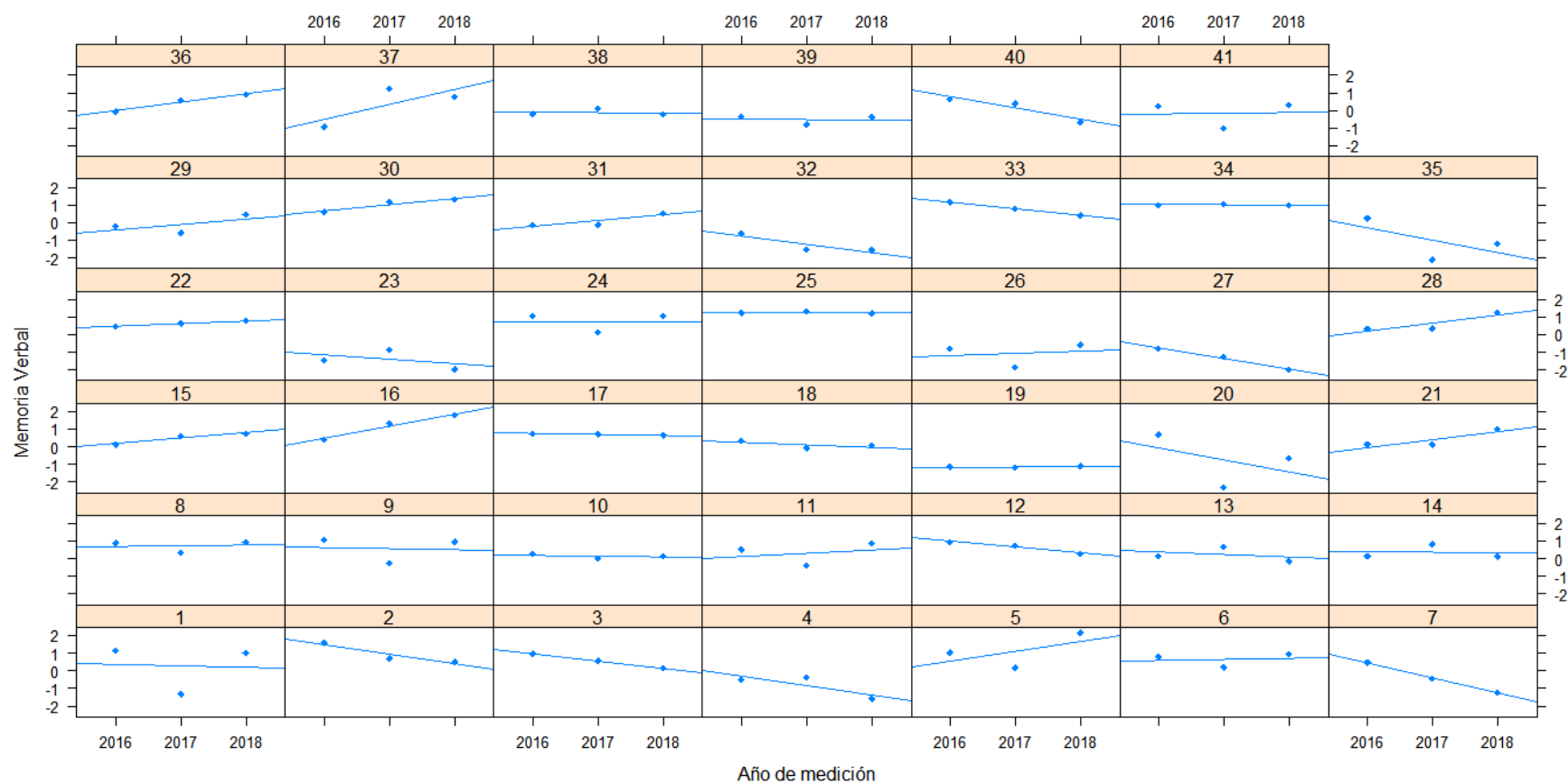
**Figura 4.** Representación longitudinal de los puntajes de Aptitud Física relacionada con Salud de cada participante.



**Figura 5.** Representación longitudinal de los puntajes de Aptitud Física Funcional de cada participante.



**Figura 6.** Representación longitudinal de los puntajes de Funcionamiento Ejecutivo de cada participante.

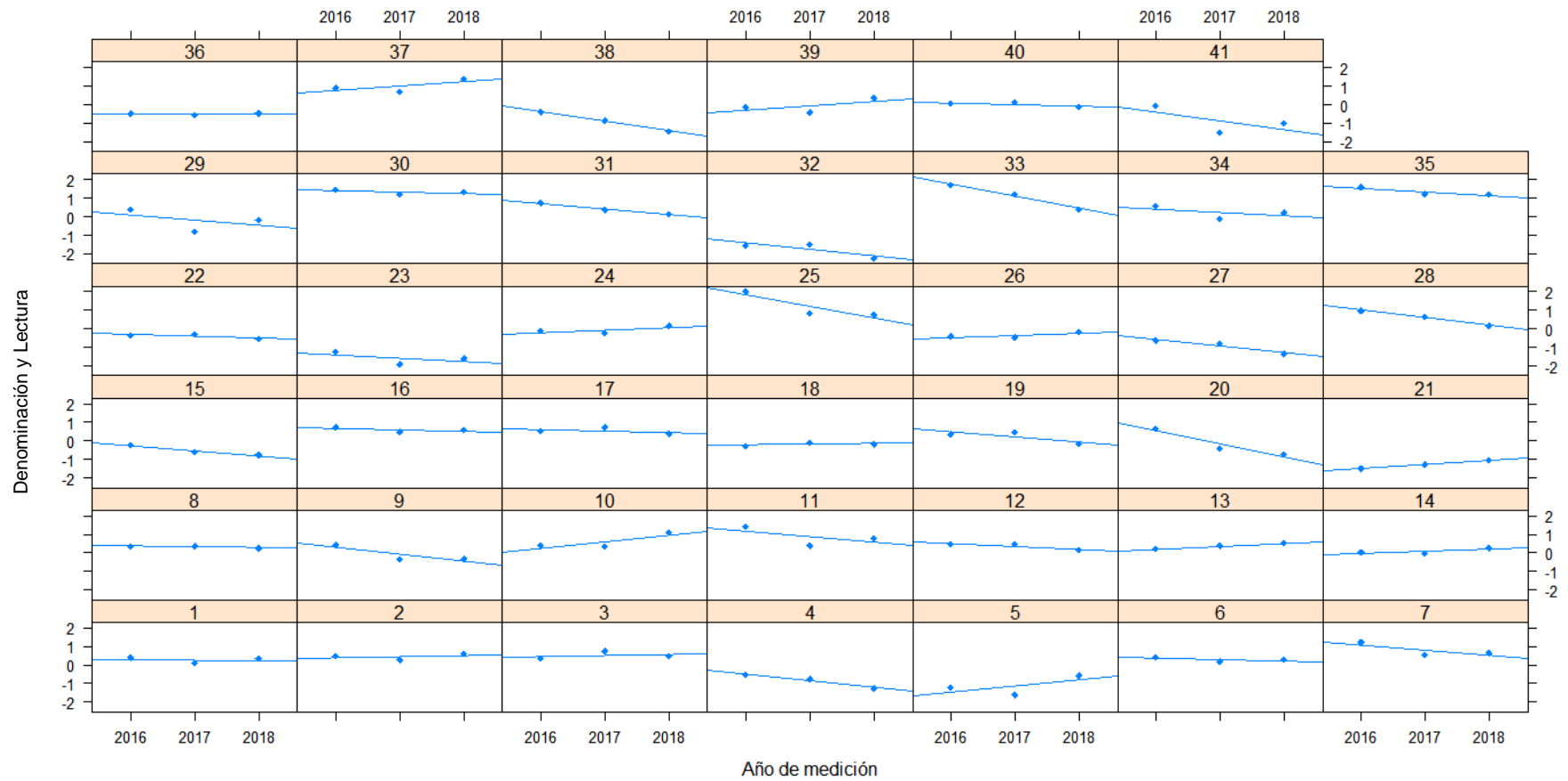


**Figura 7.** Representación longitudinal de los puntajes de Memoria Verbal de cada participante.



**Figura 8.** Representación longitudinal de los puntajes de Memoria Lógica de cada participante.





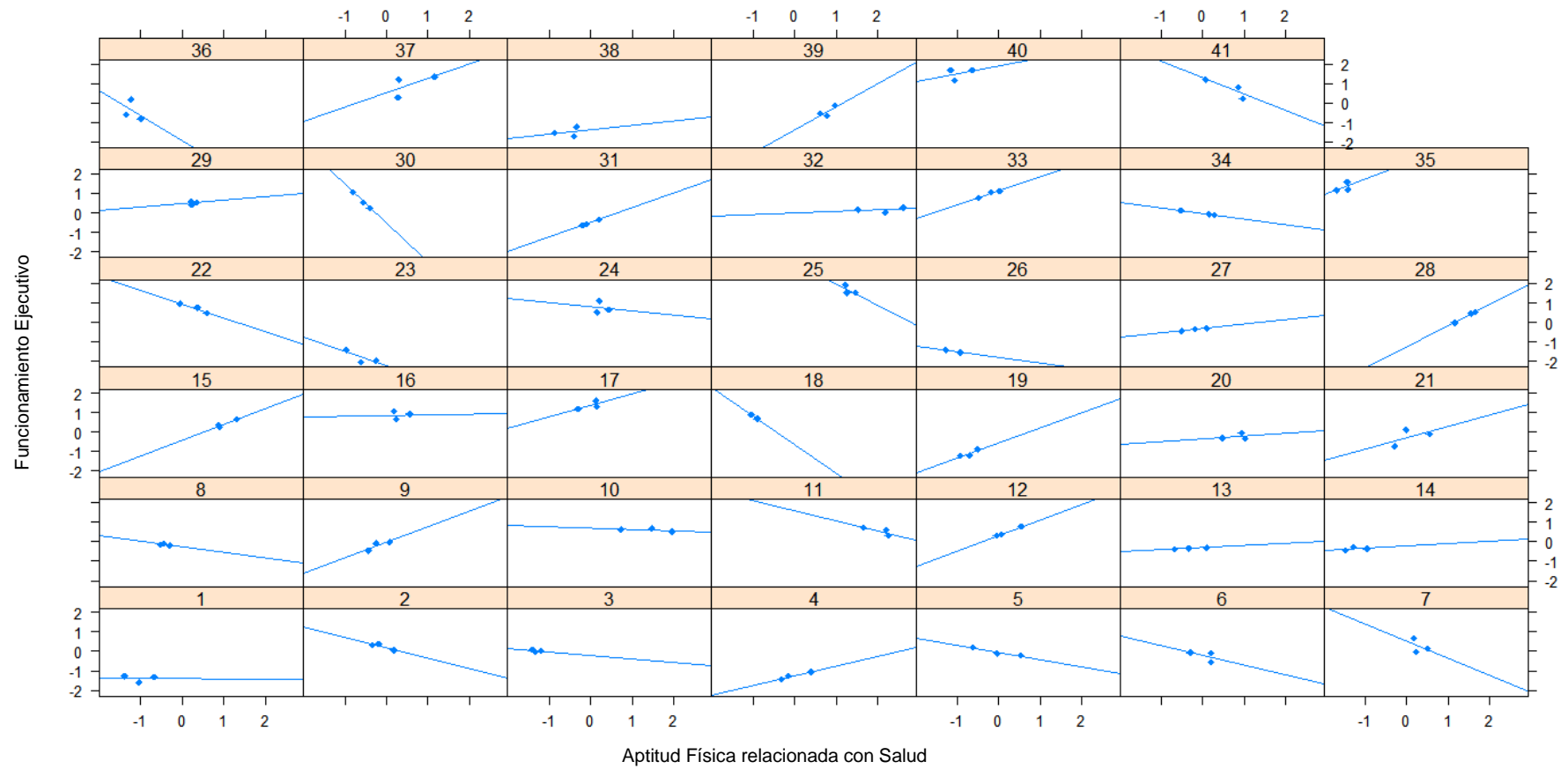
**Figura 9.** Representación longitudinal de los puntajes de Denominación y Lectura de cada participante.

*c) Relación entre variables de rendimiento cognitivo y físico*

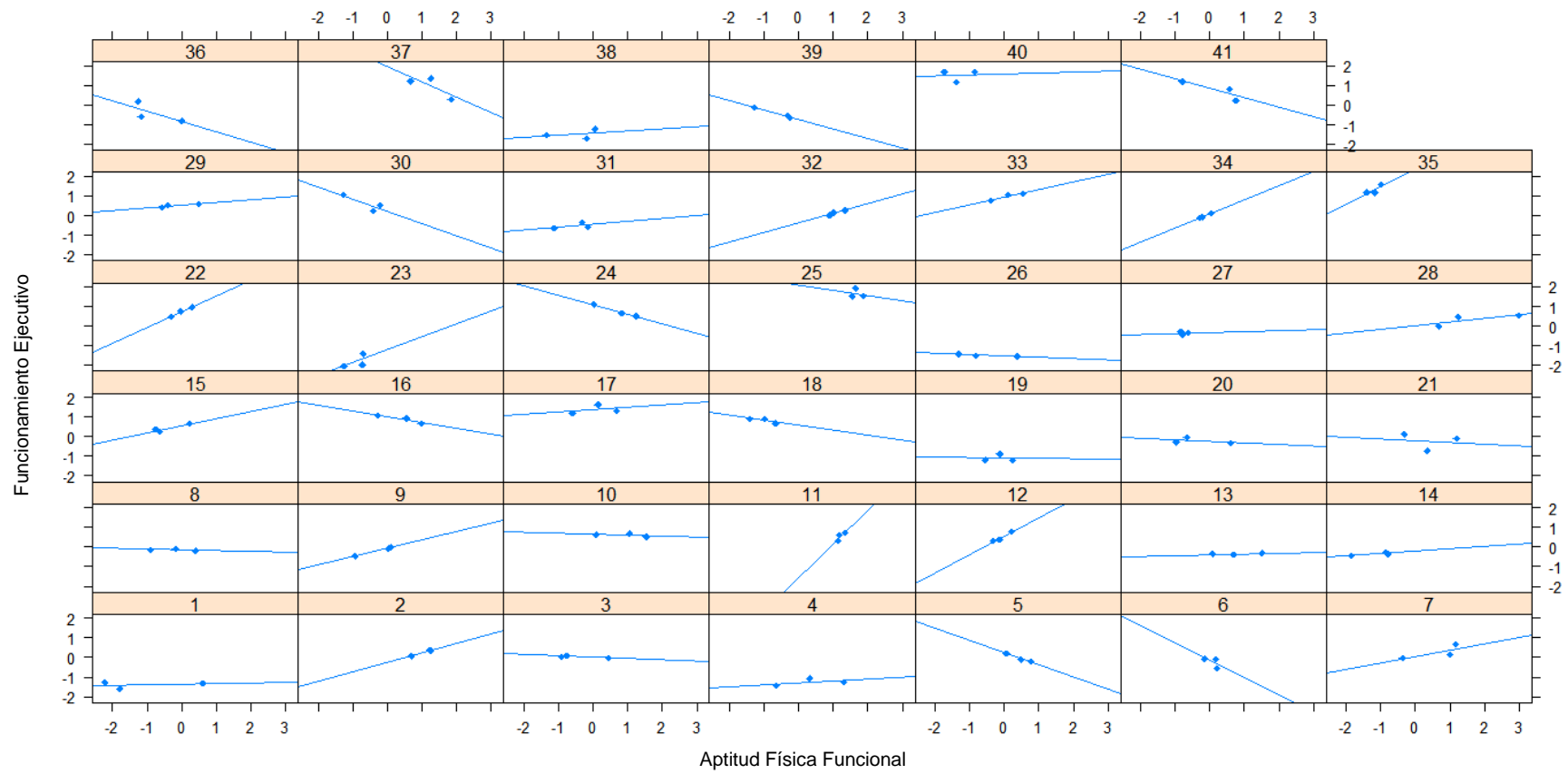
Para describir la relación entre los factores cognitivos y físicos de la muestra, también se elaboraron gráficos. Se tomó la decisión técnica de que los factores cognitivos de Memoria Lógica y Denominación y Lectura fueran excluidos de los siguientes análisis debido a los potenciales problemas en su interpretación al estar compuestos únicamente por dos indicadores.

En las figuras 10 a 13 se puede observar que no hay una tendencia discernible en las relaciones entre los factores. Las pendientes formadas por las relaciones son altamente variables, incluyendo relaciones positivas y negativas, así como casos donde no parece haber una relación.

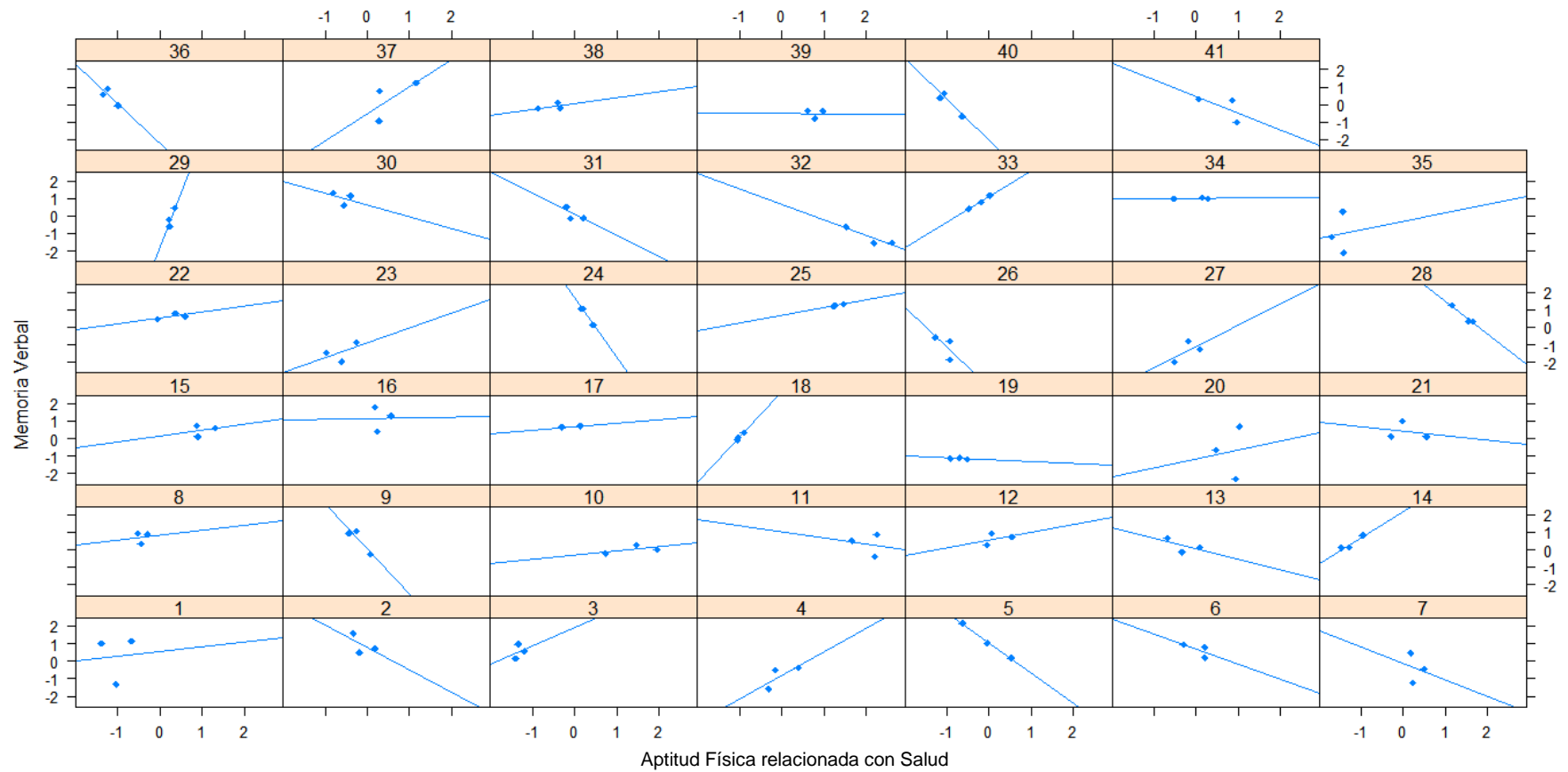
También destaca la agrupación de los puntos, lo cual se debe a la baja variabilidad entre mediciones para la mayoría de las personas participantes. Asimismo, dicha agrupación no permite una buena estimación de la pendiente debido a que los puntos abarcan un rango muy corto.



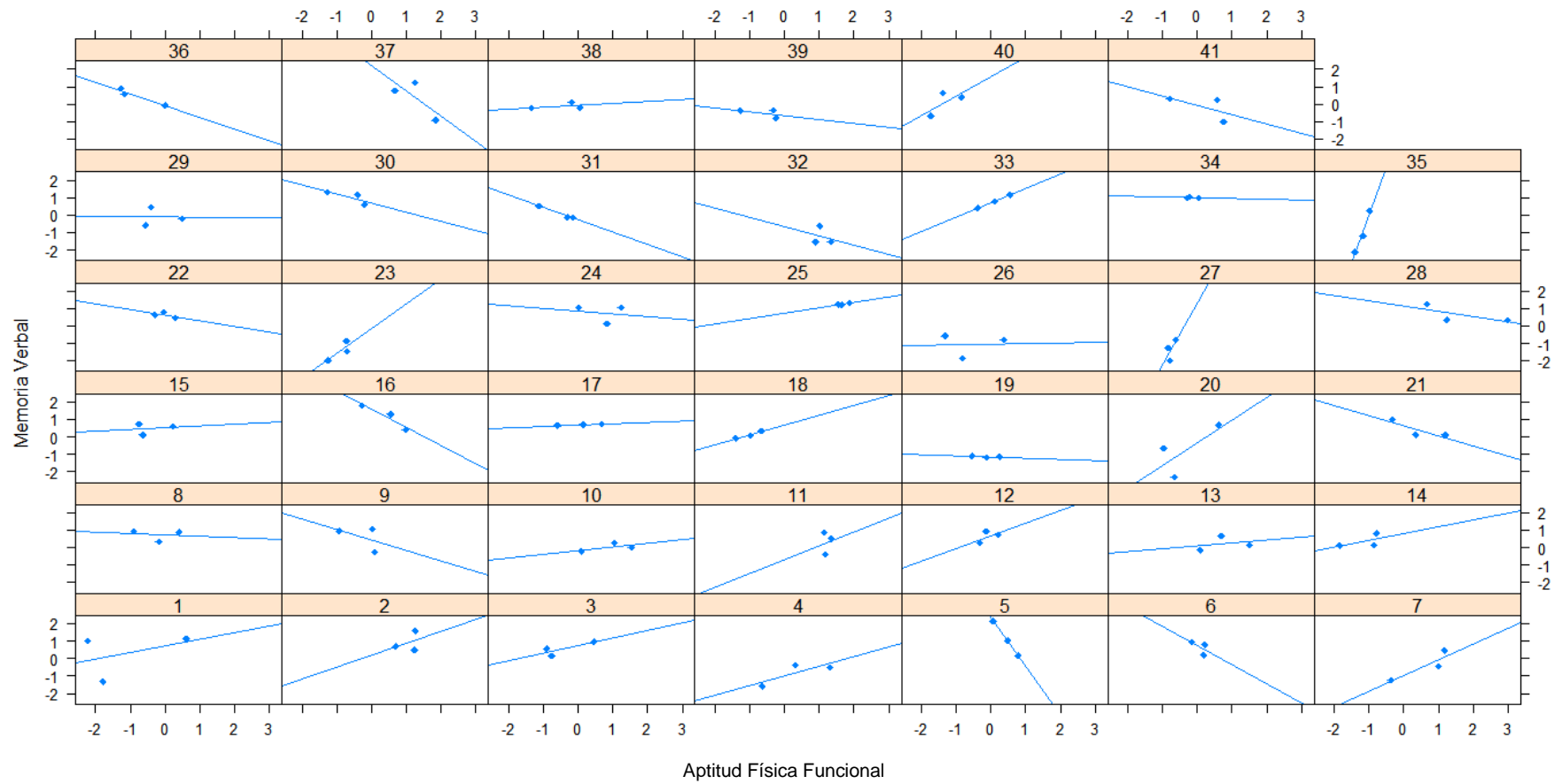
**Figura 10.** Relación entre Funcionamiento Ejecutivo y Aptitud Física relacionada con Salud de cada participante.



**Figura 11.** Relación entre Funcionamiento Ejecutivo y Aptitud Física Funcional de cada participante.



**Figura 12.** Relación entre Memoria Verbal y Aptitud Física relacionada con Salud de cada participante.



**Figura 13.** Relación entre Memoria Verbal y Aptitud Física Funcional de cada participante.

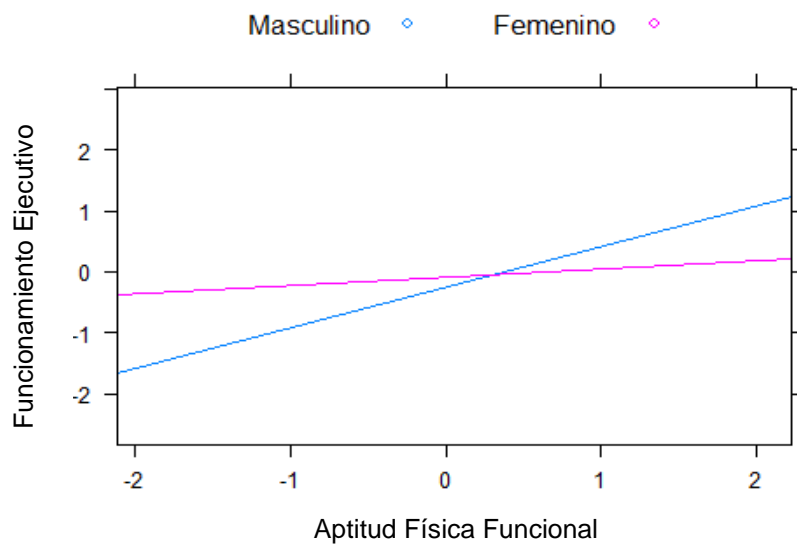
### *Modelos de regresión para el Funcionamiento Ejecutivo*

Se generaron dos modelos de regresión para explicar el comportamiento del factor Funcionamiento Ejecutivo. En el Modelo 1 se utilizaron como predictores los factores generados en el modelo factorial de las capacidades físicas, mientras que en el Modelo 2 se utilizaron los puntajes brutos originales de los instrumentos que evaluaron estas capacidades (Tabla 10). Los detalles de cada modelo se observan en los anexos 5 y 6.

El Modelo 1 explica 9.08% de la variabilidad en el Funcionamiento Ejecutivo con los predictores Aptitud Física Funcional y Sexo. Se encontró una interacción significativa entre estos factores (ver tabla 29 del anexo 5), lo cual se refleja en la figura 14, donde se observa que la pendiente para los hombres es más pronunciada que la de las mujeres. Esto indica que la relación entre la Aptitud Física Funcional y el Funcionamiento Ejecutivo depende del Sexo, mostrándose una diferencia significativa entre la pendiente de los hombres y la de las mujeres (Tabla 11).

**Tabla 10.** Modelos de regresión para predicción de Funcionamiento Ejecutivo.

<b>Modelo</b>	<b>Predictores</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
1	Aptitud Física Funcional Sexo Interacción Aptitud Física Funcional x Sexo	0.0908
2	Fuerza de Presión Manual Sexo Interacción Fuerza de Presión Manual x Sexo	0.0457



**Figura 14.** Interacción de los factores Aptitud Física Funcional y Sexo en Modelo 1.

**Tabla 11.** Pendientes de Modelo 1 para hombres y mujeres.

	<b>Pendiente</b>	<b>Intervalo de Confianza</b>
Hombres	0.671	(0.265, 1.078)
Mujeres	0.140	(-0.935, 0.200)

Por lo tanto, la ecuación según el Modelo 1 para el Funcionamiento Ejecutivo de los hombres es:

$$\text{Funcionamiento Ejecutivo} = -0.251 + 0.671 * \text{Aptitud Física Funcional}$$

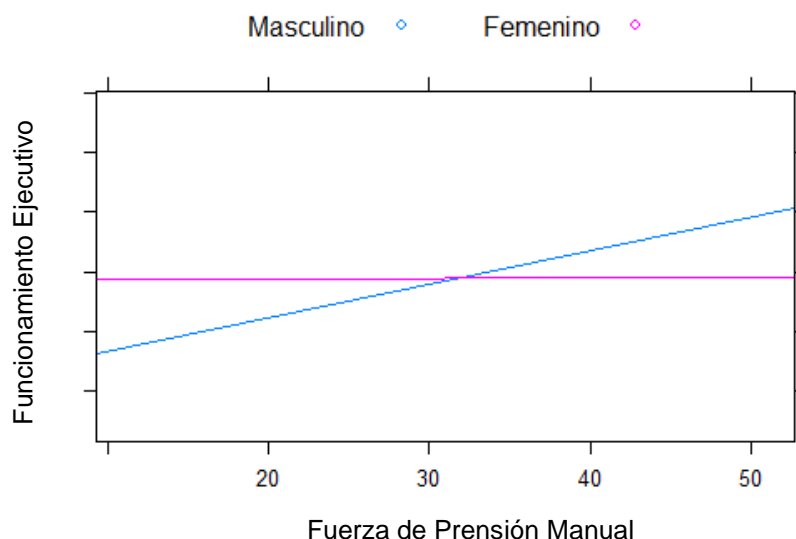
y la ecuación para las mujeres es:

$$\text{Funcionamiento Ejecutivo} = -0.087 + 0.140 * \text{Aptitud Física Funcional}$$

En el anexo 5 se detallan los análisis de comprobación de supuestos, donde se evidenció que el Modelo 1 satisface las condiciones de normalidad, homocedasticidad y no multicolinealidad.



El Modelo 2 elaborado a partir de los puntajes de la Fuerza de Presión Manual y el Sexo explica 4.57% de la variabilidad del Funcionamiento Ejecutivo. Aunque la figura 15 muestra gráficamente una interacción entre la variable Fuerza de Presión y el Sexo, la misma no es significativa.



**Figura 15.** Relación de variables Fuerza de Presión Manual y Funcionamiento Ejecutivo en Modelo 2.

El Modelo 2 satisface el supuesto de normalidad, pero evidencia problemas de multicolinealidad y heterocedasticidad, lo cual se puede observar en el anexo 6.

#### *Modelos de regresión para Memoria Verbal*

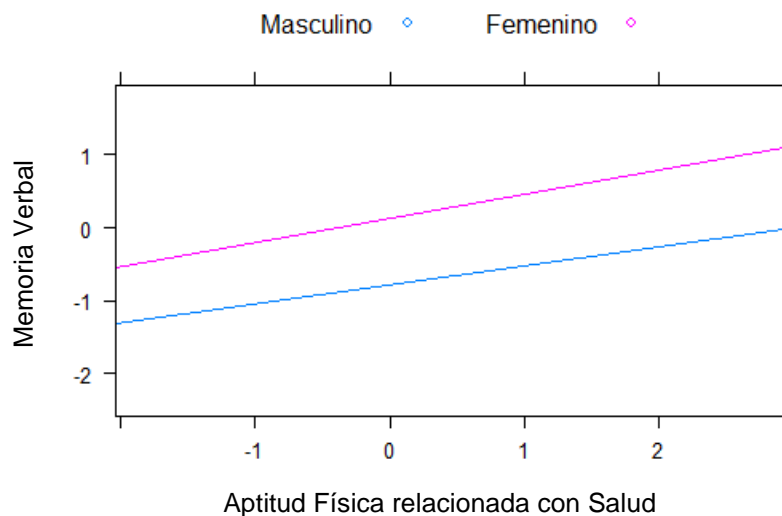
Para el factor Memoria Verbal se generaron cuatro modelos. En los Modelos 3a y 3b se utilizaron como predictores los factores físicos generados por medio del análisis factorial, mientras que para los Modelos 4a y 4b se utilizaron los puntajes brutos de los instrumentos (Tabla 12). En los anexos 7 y 8 se encuentran los detalles de los modelos.

**Tabla 12.** Modelos de regresión para predicción de Memoria Verbal

<b>Modelo</b>	<b>Predictores</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
3a	Edad	0.1161
	Sexo	
	Aptitud Física relacionada con Salud	
3b	Edad	0.2057
	Sexo	
	Aptitud Física Funcional	
	Interacción Aptitud Física Funcional x Sexo	
4a	Edad	0.0901
	Sexo	
	Fuerza Prensión Manual	
4b	Edad	0.0945
	Sexo	
	Consumo de oxígeno pico	

El Modelo 3, donde se utilizaron los puntajes de los factores físicos, se debió separar en dos partes debido a que cuando la Aptitud Física relacionada con Salud y la Aptitud Física Funcional se encuentran dentro de un solo modelo, los coeficientes de la primera no tienen una interpretación lógica. En la figura 18 se observan dos pendientes positivas, pero el coeficiente de la Aptitud Física relacionada con Salud tiene un signo negativo al ser incluido dentro del modelo con la Aptitud Física Funcional. Por ello se procedió con separar los dos factores en modelos aparte y evaluarlos.

El Modelo 3a explica 11.61% de la variabilidad en la Memoria Verbal con los predictores Aptitud Física relacionada con Salud, Sexo y Edad. La interacción entre el Sexo y la Aptitud Física relacionada con Salud en este modelo no es significativa, como se evidencia en la figura 16, sin embargo, el Sexo sí es un predictor significativo.



**Figura 16.** Relación de los factores Aptitud Física relacionada con Salud y Memoria Verbal en Modelo 3a.

Por lo tanto, la ecuación del Modelo 3a para la Memoria Verbal de los hombres es:

$$\text{Memoria Verbal} = 1.321 - 0.030 * \text{Edad} + 0.235 * \text{Aptitud Física (Salud)}$$

y la ecuación para las mujeres es:

$$\text{Memoria Verbal} = 2.161 - 0.030 * \text{Edad} + 0.235 * \text{Aptitud Física (Salud)}$$

En el análisis de comprobación de supuestos, se determinó que el Modelo 3a satisface las condiciones de normalidad, homocedasticidad y no multicolinealidad (Anexo 7).

El Modelo 3b explica 20.57% de la variabilidad en la Memoria Verbal con los predictores Aptitud Física Funcional, Sexo y Edad. A pesar de que el Sexo es un predictor significativo, la interacción entre la Aptitud Física Funcional y el Sexo no es significativa (Figura 17 y Tabla 13).

**Tabla 13.** Pendientes de Modelo 3b para hombres y mujeres.

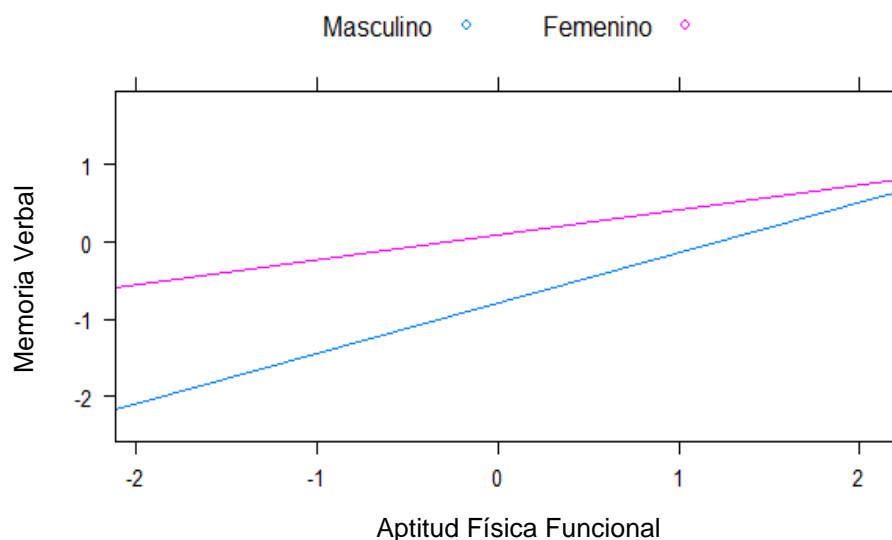
	Pendiente	Intervalo de Confianza
Hombres	0.604	(0.217, 0.990)
Mujeres	0.300	(0.048, 0.556)

La ecuación del Modelo 3b para los hombres es:

$$\text{Memoria Verbal} = 0.936 - 0.025 * \text{Edad} + 0.604 * \text{Aptitud Física Funcional}$$

Y para las mujeres es:

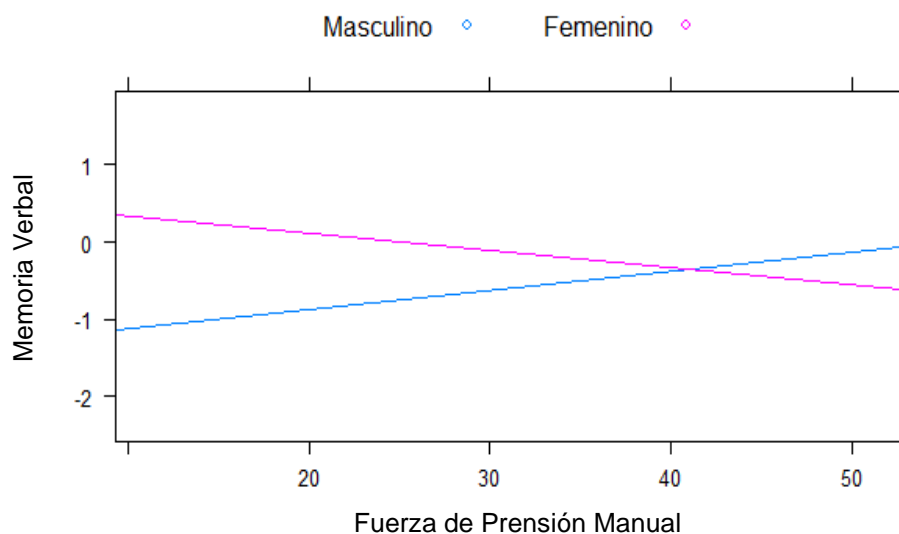
$$\text{Memoria Verbal} = 1.789 - 0.025 * \text{Edad} + 0.300 * \text{Aptitud Física Funcional}$$



**Figura 17.** Relación de los factores Aptitud Física Funcional y Memoria Verbal en Modelo 3b.

El Modelo 4, donde se utilizaron como predictores los puntajes en las pruebas de consumo de oxígeno y de fuerza de prensión manual, también se debió separar en dos partes debido a la multicolinealidad presente en el modelo al incluir las dos variables juntas.

El Modelo 4a explica 9.01% de la variabilidad en la Memoria Verbal con las variables Fuerza de prensión manual, Edad y Sexo. Sin embargo, el único predictor significativo es la edad (Anexo 8). Aunque gráficamente se observa una interacción entre la fuerza de prensión y el sexo, la misma no es significativa. Además, los coeficientes no corresponden a la pendiente de cada sexo, ya que las mujeres tienen una pendiente negativa y un valor positivo en su coeficiente (Figura 18).



**Figura 18.** Interacción de las variables Fuerza de Prensión Manual y Sexo en el Modelo 4a.

La ecuación del Modelo 4a de para la Memoria Verbal de los hombres es:

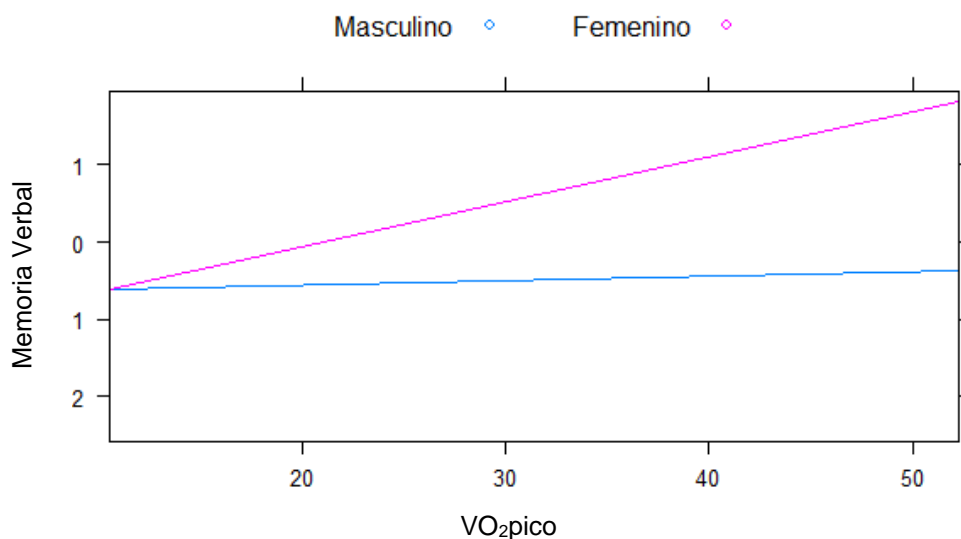
$$Memoria Verbal = 3.069 - 0.047 * Edad - 0.008 * Fuerza Prensión Manual$$

y la ecuación para las mujeres es:

$$Memoria Verbal = 3.45 - 0.047 * Edad - 0.008 * Fuerza Prensión Manual$$

Para el modelo 4a, la comprobación de supuestos se encuentra en el anexo 8. Se evidenció cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad y no multicolinealidad.

El Modelo 4b explica 9.45% de la variabilidad en la Memoria Verbal con las variables Consumo de oxígeno pico, Edad y Sexo. Sin embargo, el único predictor significativo es el Sexo (Anexo 8). Al igual que en Modelo 4a, gráficamente se observa una interacción entre el sexo y el consumo de oxígeno, pero la misma no es significativa.



**Figura 19.** Interacción de las variables Consumo de Oxígeno Pico y Sexo en el Modelo 4b.

La ecuación del Modelo 4b de para la Memoria Verbal de los hombres es:

$$Memoria\ Verbal = 1.696 - 0.038 * Edad + 0.017 * Consumo\ de\ oxígeno\ pico$$

y la ecuación para las mujeres es:

$$Memoria\ Verbal = 2.298 - 0.038 * Edad + 0.017 * Consumo\ de\ oxígeno\ pico$$

## VII. Discusión

Los propósitos del presente estudio fueron describir la estructura factorial de una batería de pruebas cognitivas y analizar si los cambios longitudinales en el desempeño físico se relacionaban con los cambios en el rendimiento cognitivo en una muestra de personas costarricenses mayores de 55 años. Para ello, se realizaron tres tipos específicos de análisis estadísticos, y cuya discusión se presenta en tres secciones a continuación.

### *a) Análisis Factorial*

El primer objetivo general de la presente investigación fue describir la estructura factorial de la batería de pruebas cognitivas para conocer cuántos y cuáles constructos son evaluados por medio de dichas pruebas. Para cumplir dicho objetivo, se realizó un análisis factorial exploratorio seguido de un análisis factorial confirmatorio utilizando una submuestra escogida aleatoriamente. Dicho objetivo se amplió realizando el mismo procedimiento de análisis para la batería de pruebas físicas.

La utilización del análisis factorial como una estrategia de reducción de datos permite trabajar en los siguientes análisis con los puntajes compuestos o puntajes factoriales que reflejan los constructos teóricos, en lugar de trabajar con los puntajes brutos u originales de cada prueba individual. El resultado de los análisis factoriales es un modelo reducido, donde se combina todas las variables que tienen una carga alta sobre un factor. Este procedimiento tiene la ventaja de superar en cierta medida el error de medición inherente a todas las variables medidas, ya que, al usar múltiples indicadores se depende menos de una sola respuesta. Además, se logra representar múltiples aspectos de un concepto en una sola medida (Hair et al., 2014).

Es pertinente diferenciar este tipo de análisis de la combinación de puntajes de medidas de distintas habilidades en un solo puntaje, por ejemplo, lo que en psicología comúnmente se conoce como coeficiente intelectual. Lezak et al. (2014) advierten que los puntajes que combinan diferentes habilidades pueden resultar en la pérdida de información importante, por lo cual no tienen lugar en las valoraciones neuropsicológicas. Por este motivo, aunque originalmente se planteó elaborar un puntaje global de cognición, se decidió trabajar únicamente con los factores creados en el análisis factorial y no combinarlos en un solo puntaje.

Lo mismo se podría argumentar en el caso de las pruebas físicas, ya que abarcan una amplia gama de capacidades, que no deben ser agrupadas de manera arbitraria. Por esta razón se optó por la creación de un modelo factorial para la batería de pruebas físicas de la misma forma que se realizó para la batería de pruebas cognitivas.

Para ambos modelos, fue necesario eliminar algunos indicadores (i.e., puntajes de pruebas), debido a que las cargas factoriales eran muy bajas. Sin embargo, es importante comprender que el proceso de decisión para eliminar indicadores del modelo está basado en la búsqueda de asegurar la significancia práctica y no solamente en criterios estrictamente matemáticos. Dado que la carga factorial es la correlación de la variable y el factor, el cuadrado de la carga es la cantidad de varianza, de la varianza total, que es explicada por el factor. Por lo tanto, una carga de 0.50 denota que el 25% de la varianza es explicada por el factor, mientras que una carga de 0.30 solo explica 10%. Las cargas deben exceder 0.70 para que el factor explique 50% de la varianza de la variable. Por ello generalmente se considera que las cargas factoriales de 0.50 son necesarias para asegurar significancia práctica (Hair et al., 2014).



Se encontraron diferencias con respecto a la consistencia interna de los dos modelos. En el caso de la batería de pruebas físicas, se encontró una baja consistencia interna, y lo contrario ocurrió para la batería de pruebas neuropsicológicas. La consistencia interna, reportada como el alfa de Cronbach no se debe interpretar como una medida de unidimensionalidad; es decir, no implica que haya un solo factor o constructo subyacente. Sin embargo, la confiabilidad de constructo (CR) es adecuada para todos los factores incluidos en ambos modelos.

#### *Modelo para la batería de pruebas físicas*

El análisis factorial exploratorio de la batería de pruebas físicas generó un modelo de dos factores que explica 50.54% de la varianza. Según Hair et al. (2014), en las ciencias sociales, donde la información es menos precisa que en las ciencias naturales, la explicación de 60% de la varianza, o incluso menos, es satisfactorio para un modelo. Sin embargo, cabe destacar que los dos factores del modelo exploratorio presentaron una baja consistencia interna. A pesar de esto, en el análisis confirmatorio se encontró evidencia de adecuada confiabilidad de constructo, así como de validez convergente y discriminante.

Para mejorar la consistencia y validez del modelo, fue necesario eliminar algunos indicadores, lo cual redujo la batería de evaluación de 12 a 8 pruebas. Esto reduce el tiempo de la valoración, pero excluye la evaluación de la flexibilidad, un dominio considerado relativamente importante para la salud de las personas adultas mayores (Lee, Jackson & Richardson, 2017). Por otro lado, en la evaluación de las características antropométricas y de aptitud física se incluyó la medición del peso corporal y la estatura de las personas. Estos dos indicadores fueron eliminados del modelo y únicamente se mantuvo el porcentaje de masa libre de grasa, un indicador que, como se discutirá más adelante, provee información más valiosa sobre la composición corporal de personas mayores. No obstante, la estatura y el peso

corporal son características que son comúnmente reportados entre los datos descriptivos de las muestras de los estudios de aptitud física, por lo cual no se recomienda su eliminación de las baterías de pruebas.

Al realizar el análisis de la bondad del ajuste del modelo confirmatorio, este fue adecuado según los criterios SRMR y CFI, pero no así según el criterio RMSEA. Sin embargo, no hay consenso sobre cuál índice de ajuste se debe utilizar y reportar (Martínez-Arias et al., 2006), por lo que se requiere de mayor investigación en el futuro.

Varela et al. (2008) realizaron una revisión de algunas de las baterías de pruebas más relevantes que se han diseñado específicamente para evaluar el estado funcional de las personas adultas mayores. En esa revisión, los autores clasificaron las baterías de pruebas según si fueron diseñadas para evaluar capacidades físicas relacionadas a la salud o capacidades físicas relacionadas con actividades de vida diaria. Las pruebas de caminata de seis minutos, fuerza de prensión manual, el sentarse y levantarse de la silla, y la flexión de codo, se encontraron en baterías de pruebas clasificadas en ambas categorías. Esto evidencia que los distintos instrumentos de evaluación de capacidades físicas se han conceptualizado de diversas maneras, por lo cual el presente análisis factorial aporta a la comprensión de los constructos teóricos evaluados por medio de la batería de pruebas físicas utilizada en el estudio. Sin embargo, esta nomenclatura ecléctica debería ser aclarada con el análisis de una mayor cantidad de datos y en diferentes grupos etarios.

Seguidamente, se profundiza la discusión sobre los dos factores que conforman el modelo final para la batería de pruebas físicas.

### *1.1 Aptitud Física relacionada con salud*

El primer factor obtenido por medio del análisis factorial está conformado por tres indicadores de parámetros físicos básicos: la fuerza muscular máxima, la capacidad aeróbica y la composición corporal.

Cattuzzo et al. (2016) señalan que la aptitud física relacionada con salud se demuestra con variables como la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza muscular, el peso corporal y la flexibilidad. Con la excepción de la flexibilidad, que no fue un indicador significativo para ninguno de los factores en este estudio, las otras variables forman parte del factor de Aptitud Física relacionada con salud.

La caminata de seis minutos es la prueba de campo más común para evaluar la resistencia aeróbica, especialmente en personas adultas mayores y en ambientes clínicos (ACSM, 2018). Se ha encontrado una correlación alta entre la caminata de seis minutos y pruebas sobre banda sin fin usando el protocolo Balke modificado (Rikli y Jones, 2013). También en relación con la resistencia aeróbica, la prueba gradual máxima sobre banda sin fin se aplicó para medir el  $\text{VO}_2\text{máx}$ . Sin embargo, la medición del verdadero  $\text{VO}_2\text{máx}$  se obtiene cuando el límite fisiológico de la persona realmente se alcanza, observándose un efecto de meseta en la fase final de la prueba. Un indicador de que se alcanzó el  $\text{VO}_2\text{máx}$  es llegar a una tasa de intercambio respiratorio (Respiratory Exchange Ratio [RER]) mayor o igual a 1.1. El reporte del consumo pico de oxígeno ( $\text{VO}_{2\text{pico}}$ ) se utiliza cuando no se alcanza esa estabilización del consumo de oxígeno o cuando el rendimiento se ve limitado por factores musculares (ACSM, 2018). En la muestra analizada en el presente estudio, la mayoría de los participantes no alcanzaron dicho valor, por lo cual se reportó el  $\text{VO}_{2\text{pico}}$ .

Los indicadores de la caminata de seis minutos y de la medición del  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  evalúan la resistencia o potencia aeróbica. Esta se refiere a la habilidad de sostener actividad de

grandes grupos musculares en el tiempo, y se considera un componente de aptitud física relacionado con la salud porque niveles bajos se asocian con un riesgo aumentado de muerte prematura (Rikli & Jones, 2013).

El indicador del porcentaje de masa libre de grasa también conforma el factor de Aptitud Física relacionada con salud. Es común que se exprese la composición corporal en dos compartimentos: masa grasa y masa libre de grasa. La cantidad relativa de masa libre de grasa es de especial interés en población adulta mayor debido a que durante el envejecimiento se suelen presentar cambios como pérdida de masa y fuerza muscular, denominada sarcopenia, lo cual aumenta el riesgo de fragilidad y afecta negativamente la aptitud física. Los hombres después de los 50 años y las mujeres después de los 60 años tienden a perder peso de forma gradual, generalmente perdiendo masa libre de grasa, es decir, masa muscular y tejido óseo. Por ello se recomienda monitorear la masa libre de grasa en personas mayores (ACSM, 2018; Ahlund et al., 2017, Rikli y Jones, 2013).

El último indicador de este factor es la fuerza de prensión manual. La evaluación de fuerza muscular es específica para cada grupo muscular. No existe una prueba que pueda evaluar la fuerza ni resistencia muscular de todo el cuerpo (ACSM, 2018). Sin embargo, la evaluación de la fuerza de prensión manual ha sido ampliamente utilizada como variable predictora de la mortalidad en población mayor (Arvandi et al., 2016; Guadalupe-Grau et al., 2015; Loprinzi, 2016; Strand et al., 2016).

### *1.2 Aptitud Física Funcional*

El factor de Aptitud Física Funcional está compuesto por los puntajes de cuatro pruebas relacionadas con las habilidades necesarias para llevar a cabo actividades de vida diaria de manera independiente, lo cual en la población de estudio cobra especial relevancia. Los cuatro indicadores que conforman el factor de Aptitud Física Funcional corresponden a

subpruebas del *Senior Fitness Test* (SFT). Esta batería de pruebas fue diseñada específicamente para evaluar capacidades que les permite a las personas mayores realizar de forma normal sus actividades de vida diaria de forma independiente, por lo cual se considera una prueba de aptitud funcional (Rikli y Jones, 2013).

La prueba de flexión de codo con peso (Flexión\_codo) y la prueba Levantarse y sentarse de la silla (Silla\_levantar) evalúan la fuerza de miembros superiores e inferiores, respectivamente. Ambas pruebas han mostrado correlaciones altas con el desempeño en otras pruebas de evaluación de fuerza como la fuerza máxima (1RM) en flexión de codo y la fuerza de extensión de rodilla (Rikli & Jones, 2013). Aunque las autoras reportan estas dos subpruebas como indicadores de fuerza, también mencionan que reflejan las capacidades que son importantes para realizar actividades como cargar bolsas de compras, cargar maletas, alzar a niños/as o mascotas, subir escaleras, caminar largas distancias y levantarse de una silla.

La prueba de la marcha estática de dos minutos (Pasos), se usa como una alternativa para medir la resistencia aeróbica cuando la caminata de seis minutos no es posible (Rikli & Jones, 2013). Sin embargo, al comparar los procedimientos de ambas pruebas, se evidencia que tienen demandas físicas distintas. Mientras que la caminata de seis minutos se apoya en un patrón de movimiento físico básico con el que las personas están familiarizadas y realizan naturalmente en su día a día, la marcha estática tiene una mayor demanda de movilidad y flexibilidad, al requerir que la persona levante la pierna y use un rango de movimiento no natural para la marcha habitual. Por lo tanto, en el presente trabajo se propone que este instrumento evalúa las habilidades físicas necesarias para llevar a cabo tareas que requieren movimientos complejos, y no solamente la resistencia aeróbica.

El cuarto indicador es la prueba de Levantarse de la silla y recorrer 2.44 m (TUG), la cual evalúa la agilidad y equilibrio dinámico. La agilidad se refiere a la capacidad de mover el cuerpo y cambiar de dirección rápidamente, y el equilibrio dinámico se refiere a mantener la estabilidad postural durante el movimiento. Estas son capacidades necesarias para subirse y bajarse del autobús, esquivar un vehículo u objeto en movimiento, levantarse rápidamente para atender el teléfono, y participar en actividades deportivas y recreativas (Rikli & Jones, 2013). Ahlund et al. (2017) también utilizaron la prueba TUG como una evaluación de movilidad funcional.

#### *Modelo batería de pruebas neuropsicológicas*

El modelo de cuatro factores generado con el análisis exploratorio explicó 56.41% de la varianza, un porcentaje satisfactorio (Hair et al., 2014). Asimismo, en el modelo se encontró una adecuada consistencia interna para cada uno de los factores, aportando evidencia de la confiabilidad de las mediciones.

El modelo mejoró al eliminar algunos de los indicadores, reduciendo la batería de 25 a 13 pruebas, lo cual en términos prácticos simplifica y reduce el tiempo de aplicación de la valoración neuropsicológica. No obstante, es necesario recordar que esta eliminación de indicadores está basada en un proceso de toma de decisiones para asegurar la significancia práctica del modelo, como fue mencionado anteriormente.

Por otro lado, el análisis de la bondad del ajuste del modelo confirmatorio fue excelente. Aunque no existe consenso sobre cuál es el mejor índice de ajuste (Martínez-Arias et al., 2006), el modelo generado alcanzó criterios aceptables para el CFI y RMSEA, aportando evidencia de la semejanza entre la matriz del modelo y la matriz de covarianza muestral.

En otro subproyecto de investigación que forma parte del proyecto “Epidemiology and Development of Alzheimer’s Disease (EDAD) in Urban and Rural Costa Rican Older Adults”, una muestra costarricense de personas adultas mayores completó la misma batería de pruebas neuropsicológicas, así como otros instrumentos que evaluaron variables psicosociales. El equipo de trabajo realizó un modelo de ecuaciones estructurales para estudiar la estructura de la batería de pruebas. Los resultados de dicho análisis reportan que se sostuvieron dos factores cognitivos: uno que denominó el factor verbal y otro que denominó el factor visual (M. Garnier-Villareal, comunicación personal, 22 abril de 2020). En la tabla 14 se encuentran los indicadores que conforman cada factor en dicho modelo.

**Tabla 14.** Factores del modelo de Garnier-Villareal

<b>Factor Visual</b>	<b>Factor Verbal</b>
Patrones	Boston
Dibujos_ident	MemLog_Ret
Stroop_color	MemLog
TMT_A	SRT (promedio)
Bloques	FluidezVerb (promedio)
Sust_digitos	

Destaca la similitud entre el factor visual reportado en dicho análisis y el factor ejecutivo del presente proyecto, dado que tienen en común cuatro de los indicadores. Además, cabe resaltar que en el modelo de Garnier-Villareal, los factores están divididos según el tipo de estímulo que debe ser procesado: visual o verbal.

A continuación, se discuten los cuatro factores obtenidos del modelo final del presente proyecto para la batería de pruebas neuropsicológicas.

### *1.1 Funcionamiento Ejecutivo*

El primer factor del modelo de pruebas neuropsicológicas está formado por seis pruebas, las cuales parecen evaluar diferentes habilidades relacionadas con el funcionamiento ejecutivo (Tabla 7).

De acuerdo con Ardila y Ostroksy-Solís (2008), las funciones ejecutivas abarcan habilidades como la solución de problemas, la dirección de la conducta hacia una meta, el control de la interferencia, la flexibilidad cognitiva, la memoria de trabajo y la planeación estratégica. Por ello es visto como un proceso complejo que requiere la coordinación de varios subprocesos. Lezak et al. (2014) afirman que el funcionamiento ejecutivo también implica la identificación y secuenciación de pasos para conseguir un objetivo, concebir varias alternativas y tomar decisiones entre ellas, así como el componente de auto regulación y control inhibitorio.

Al revisar la evidencia previa sobre los instrumentos de evaluación que cargaron en este factor, destaca que no todos fueron diseñados para valorar la función ejecutiva (Tabla 15). No obstante, considerando las características de las pruebas, en el presente trabajo se propone que los seis instrumentos comparten características relacionadas con el control cognitivo, la planificación y el auto monitoreo para desempeñar las tareas.

La prueba de Diseño de Bloques (Bloques) ha evidenciado en análisis factoriales previos cargas altas sobre el factor de razonamiento perceptual (Cohen, 1957; Ryan & Paolo, 2001). En el presente trabajo se propone que la función de planificación para consecución del objetivo, la secuenciación de pasos y la memoria de trabajo juegan un papel importante en la construcción visuoespacial de esta tarea. Por ejemplo, en una prueba utilizada en el presente estudio, la persona debe manipular en su mente los cubos con los que conforma el diseño y planificar el acomodo de estos para completar la tarea.



**Tabla 15.** Habilidades evaluadas en las pruebas neuropsicológicas.

<b>Prueba</b>	<b>Habilidad</b>	<b>Referencia</b>
Diseño de Bloques (Bloques)	Construcción visuoespacial	Wechsler (1997).
	Razonamiento y organización perceptual	Cohen (1957), Ryan & Paolo (2001).
Patrones escondidos (Patrones)	Identificación de patrones	Johnson et al. (2004).
Sustitución de Dígitos (Sust_digitos)	Escaneo visual	Joy et al. (2003).
	Velocidad psicomotora	Wechsler (1997).
	Atención sostenida	Wechsler (1997).
	Procesamiento cognitivo	Wechsler (1997).
Dibujos Idénticos (Dibujos_ident)	Identificación de dibujos	Johnson et al. (2004).
Stroop Incongruente (Stroop_interf)	Función ejecutiva	Stroop (1935).
	Control cognitivo	Stroop (1935).
	Control inhibitorio	
Trail Making Test B (TMT_B)	Control cognitivo	(Armitage, 1946)
	Atención dividida	
	Flexibilidad cognitive	
	Memoria de trabajo	

Similarmente, se puede argumentar que para completar la prueba de Patrones Escondidos (Patrones), la memoria de trabajo y la atención tienen roles relevantes. El sujeto debe realizar un escaneo de las figuras, manteniendo en mente el patrón original que debe identificar, y reteniendo la regla de colocar una equis (x) o un cero (0) dentro del paréntesis dependiendo de si el patrón se encuentra o no respectivamente.

En el caso de la prueba de Sustitución de Dígitos (Sust\_digitos), aunque otros autores no han hecho énfasis en el papel que juega la función ejecutiva sobre el desempeño en esta tarea, aquí se propone que la memoria de trabajo es fundamental para completar la tarea. Esto debido a que el sujeto al completar el instrumento no solamente copia los símbolos, sino que los mantiene en su mente, haciendo la tarea de manera más eficiente.

En el instrumento de Dibujos Idénticos (Dibujos\_ident), la lectura visuoespacial es clave. Asimismo, se podría argumentar que la atención sostenida y el control inhibitorio juegan un papel importante dado que la prueba se realiza contra tiempo y la instrucción que se brinda a la persona se refiere a completar la mayor cantidad posible en ese tiempo. En las opciones de los dibujos, se encuentran algunos muy similares que requieren prestar atención a los detalles e inhibir la respuesta impulsiva de escoger la primera opción similar que aparezca.

La prueba de Stroop en su versión incongruente (Stroop\_interf) se ha reportado anteriormente como una prueba clásica de funcionamiento ejecutivo, al requerir estrategias de planeación, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio (Lezak et al., 2014; Stroop, 1935). La versión B del Trail Making Test (TMT\_B) también evalúa la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo (Armitage, 1946, Lezak et al, 2014). Por lo tanto, la relación de estas dos pruebas con el factor de funcionamiento ejecutivo es congruente.

Asimismo, cabe destacar que las seis pruebas comparten la característica de presentar estímulos visuales, y requerir su exploración y manipulación.

## 2.2 Memoria Verbal

El factor de Memoria Verbal está compuesto por tres puntajes de la prueba *Selective Reminding Test*. Este instrumento permite tres intentos para recordar las 16 imágenes de forma libre y tres intentos con claves. Los tres intentos libres se relacionaron fuertemente con

el factor de Memoria Verbal, de forma congruente con estudios previos. Grober, Ocepek-Welikson y Teresi (2009) confirmaron la estructura factorial de este instrumento, reportando que se evalúa una sola dimensión: la memoria. La memoria se refiere a la capacidad de retener información y usarla para objetivos adaptativos (Lezak et al., 2014). Cabe destacar que Grober et al. (2009) también se refieren al concepto de aprendizaje al estudiar este instrumento, dado que consiste en una prueba de aprendizaje controlado.

A diferencia de la estructura unidimensional reportada por Grober et al. (2009) donde los seis intentos conforman un solo factor, en el presente análisis únicamente cargaron de forma significativa los intentos de recuerdo libre. Esto podría estar relacionado con el efecto techo que señalan Lezak et al. (2014), porque el brindar claves hace que la tarea sea muy fácil para personas adultas sin deterioro cognitivo. Además, se podría relacionar con el hecho de que los intentos de recuerdo libre se agrupan porque están evaluando la curva de aprendizaje de la persona.

En el caso del factor de Memoria Verbal, se podría argumentar que los estímulos de las pruebas son tanto visuales como verbales ya que las personas primero observan los dibujos para aprendérselos, pero durante el tercer intento libre, deben recordar sin haber observado los dibujos y se pueden apoyar en otras estrategias de aprendizaje.

### *2.3 Memoria Lógica*

Similarmente al factor de memoria verbal, este factor se conformó únicamente con los puntajes de una misma prueba: la de memoria lógica en versión inmediata y versión retrasada. Este instrumento evalúa tanto la memoria lógica como la memoria de recuerdo en una forma que se asemeja a las demandas de memoria de la vida diaria (Lezak et al., 2014). Los estímulos que corresponden a este factor son exclusivamente de tipo verbales.

Cabe destacar que, como regla general, los factores en los modelos estructurales (como los del análisis factorial confirmatorio) deberían ser compuestos por al menos tres indicadores (Hair et al., 2014). En el caso de este factor, únicamente tiene dos indicadores, por lo cual se debe proceder con cautela al interpretar los resultados de los siguientes análisis.

#### *2.4 Denominación y lectura*

El cuarto factor está formado por las dos versiones restantes de la prueba de Stroop (Stroop\_color y Stroop\_lectura). Las capacidades cognitivas que se han asociado al desempeño en estas pruebas son el procesamiento visuoespacial y la velocidad de procesamiento (Stroop, 1935).

Los estímulos visuales en forma de palabras escritas, al igual que los dibujos y diseños, se pueden etiquetar (Lezak et al., 2014). Por lo tanto, aunque una prueba se trata de la lectura de palabras y la otra se trata de denominar el color, la agrupación factorial de estos instrumentos sugiere que los dos puntajes están relacionados al mismo constructo, refiriéndose al procesamiento visual y denominación o la denominación y lectura.

También podría considerarse la posibilidad de que los puntajes de estas pruebas únicamente se agrupan porque el formato de ambas es idéntico, y no porque estén evaluando la misma función o constructo. Solo porque los puntajes están altamente relacionados, no necesariamente debe haber un mismo constructo evaluado.

De igual forma que con el factor anterior, el cuarto factor cuenta únicamente con dos indicadores.

#### *Aporte de los análisis factoriales*

La investigación con técnicas de valoración neuropsicológica y de aptitud física implica la necesidad de desarrollar, estandarizar y evaluar estas técnicas. Contar con instrumentos de medición confiables y válidos es importante para estudiar las posibles

alteraciones leves en el funcionamiento de personas libres de patología. Los hallazgos de este estudio proveen evidencia de la consistencia interna y validez convergente y divergente de las baterías de pruebas utilizadas con personas relativamente sanas mayores de 55 años.

En el ámbito de la neuropsicología, es poco común que las pruebas evalúen una sola habilidad cognitiva, por lo cual en la literatura se suelen encontrar diferentes interpretaciones de cada prueba (Lezak et al., 2014). Esto se vio reflejado en que algunos de los instrumentos de medición (indicadores en el análisis factorial exploratorio), cargaron sobre dos factores simultáneamente (Anexo 3). Con el análisis factorial fue posible identificar las habilidades que se estaban evaluando al observar cómo los puntajes se relacionaron y covariaron, permitiendo una interpretación fundamentada en la teoría y en las observaciones reales.

McFall et al. (2019) resaltan la ventaja de utilizar factores como representantes de variables latentes en lugar de los puntajes de las pruebas cognitivas, señalando que al usar varios indicadores se representa el mismo dominio integrando la varianza común y estimando mejor el constructo, lo cual minimiza el error de medición.

En otros estudios de cognición, se ha visto la importancia de utilizar protocolos de evaluación validados por medio de análisis factorial. Por ejemplo, en el Estudio Longitudinal del Desarrollo Cognitivo Adulto de Seattle (SLS, siglas en inglés), desde 1956 hasta 1977 se siguió la metodología convencional de evaluar cada habilidad o variable de interés con el instrumento de medición más fiable y válido. Sin embargo, con la popularización y acceso a métodos modernos de análisis factorial, los investigadores identificaron la necesidad de abarcar el estudio estructural de las variables cognitivas. Desde entonces, en el SLS la cognición se ha estudiado con baterías de pruebas y se ha reportado su estructura factorial (Schaie y Willis, 2010).

De igual manera, para el siguiente paso de esta investigación, se trabajó con estos factores que reflejan una habilidad determinada. Debido a las limitaciones mencionadas anteriormente con respecto a la interpretación de los factores conformados por menos de tres indicadores, los análisis longitudinales y de regresión se realizaron únicamente con los factores Aptitud Física relacionada con Salud, Aptitud Física Funcional, Funcionamiento Ejecutivo y Memoria Verbal.

Además de simplificar y sintetizar los datos para conseguir el siguiente objetivo de la presente investigación, los hallazgos de los análisis factoriales aportan para futuras investigaciones con esta población en tanto sugieren que se podría reducir el tamaño de las baterías de pruebas. Esto tiene una utilidad práctica al disminuir el tiempo de las valoraciones, así como su costo. Estos hallazgos también refuerzan la noción de que una valoración exhaustiva y completa no necesita ser extensa o elaborada para ser válida y práctica. Es posible evaluar las capacidades físicas y cognitivas de las personas mayores con algunos instrumentos de bajo costo, tales como las pruebas de papel y lápiz y las pruebas que componen el *Senior Fitness Test*.

#### *b) Descripción longitudinal*

Con el objetivo de describir las características cognitivas y físicas de la muestra y los cambios en dichas variables a lo largo de tres años de participación, se realizó un análisis gráfico que reveló una baja variabilidad entre mediciones. Con pocas excepciones, se observó una tendencia casi constante de los puntajes tanto en los factores físicos como los cognitivos.

El uso de datos cognitivos recolectados en al menos tres momentos provee oportunidades para determinar patrones o trayectorias de función cognitiva (Wu, Phyto, Al-

Harbi, Woods y Ryan, 2020). En el presente trabajo, se identificó una baja variabilidad, la cual responde a las características de las personas participantes y los intervalos de tiempo entre mediciones. En este estudio se incluyeron únicamente personas relativamente sanas (i.e. libres de patologías significativas que les impidieran la realización de los protocolos de evaluación), sin deterioro cognitivo, y en su mayoría físicamente activas (e.g. participantes de grupos recreativos de la Universidad de Costa Rica). Las evaluaciones se realizaron cada 12-18 meses, de manera que entre la primera y tercera medición transcurrieron de dos a tres años. Es posible que, en esta muestra, dicho periodo haya sido muy corto para que se presentaran cambios observables.

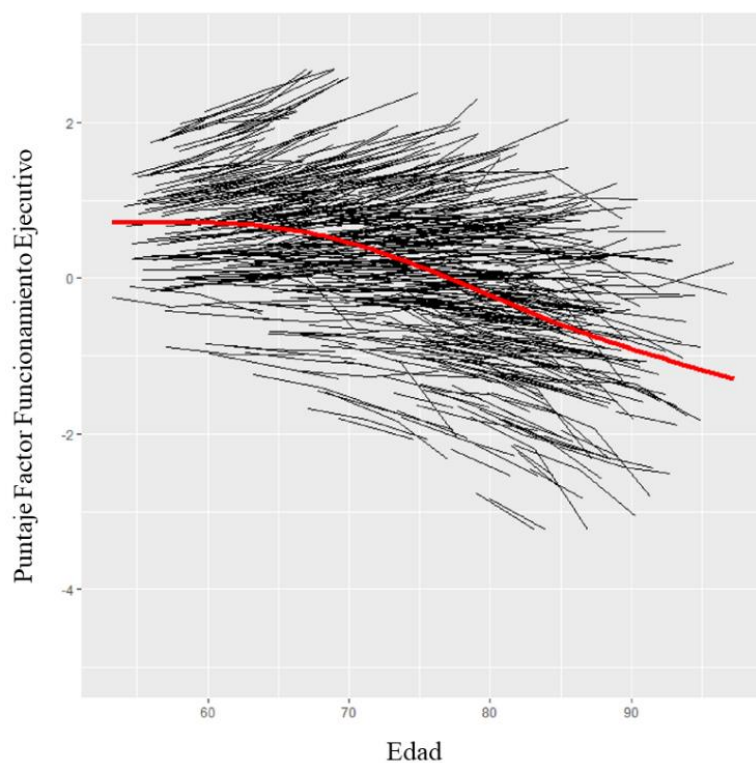
En una revisión sistemática de estudios longitudinales de envejecimiento cognitivo por Wu et al. (2020), se incluyeron estudios donde se realizaron desde tres hasta 19 mediciones. La longitud de los intervalos de seguimiento estuvo en un rango de 2 a 21 años. Los autores señalaron que, dado que el envejecimiento cognitivo es un proceso lento, los estudios con periodos de seguimiento más cortos y/o con participantes más jóvenes, tienen una menor probabilidad de observar un deterioro en la cognición, tal y como se confirma en el presente estudio.

Tres de los estudios incluidos en la revisión de Wu et al. (2020) llevaron a cabo tres mediciones, al igual que en el presente trabajo. Kim y Kim (2019) realizaron mediciones cada dos años para estimar la trayectoria del estado de salud en el tiempo en 5821 sujetos. Los resultados evidencian ocho diferentes patrones de trayectorias para el desempeño en el MMSE y la fuerza de prensión manual. Los patrones son definidos por el nivel de desempeño (alto o bajo) y por los cambios en el tiempo (mantenimiento, disminución o mejoría). Además, reportaron que tanto la fuerza muscular como el puntaje en el MMSE fueron predictores significativos de mortalidad.

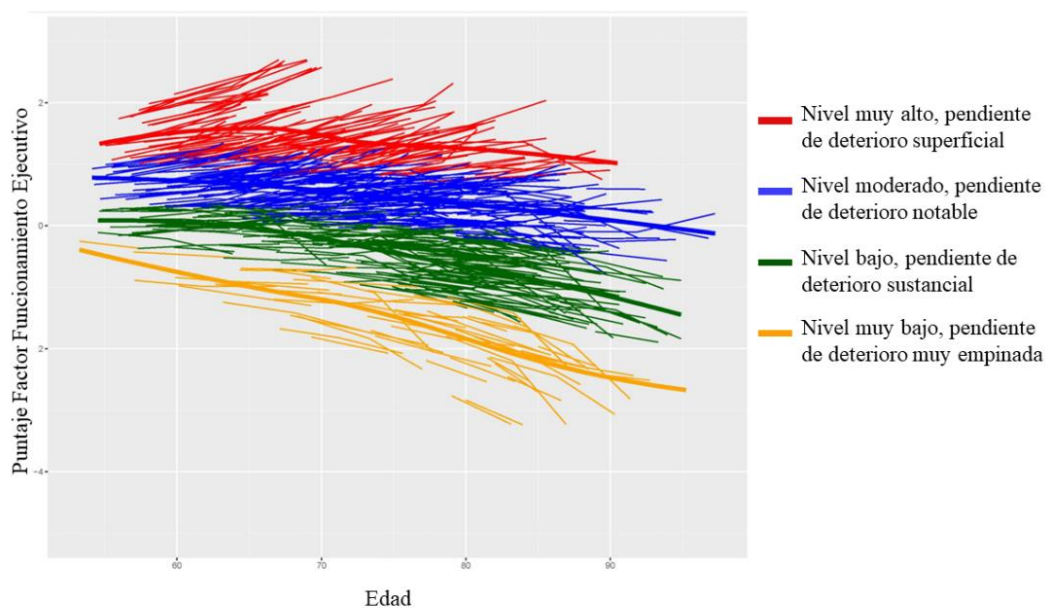
Yaffe et al. (2016) por su parte, utilizaron datos de tres evaluaciones de la función cognitiva por medio del MMSE y el TMT\_B a lo largo de 25 años; sin embargo, la longitud del intervalo entre mediciones varió entre las 7447 personas participantes. De igual forma, las trayectorias cognitivas a largo plazo predijeron la mortalidad por diferentes causas (e.g. enfermedad cardiovascular), aunque no por cáncer. McFall, McDermott y Dixon (2019), también buscaron clasificar las distribuciones dinámicas de las trayectorias cognitivas de una muestra de 955 personas entre 53 y 85 años, con dos seguimientos cada 4.5 años. Se identificaron tres clases de trayectorias para la memoria episódica con base en su nivel y tipo de pendiente. Los autores destacaron la alta variabilidad interindividual en el nivel y pendiente de las trayectorias longitudinales en personas sin demencia, lo cual indica que el envejecimiento cognitivo es multi direccional y multi factorial.

Por otro lado, Caballero, McFall, Wiebe y Dixon (2021), realizaron un estudio longitudinal con personas entre 55 y 85 años, donde se evaluaron tres veces aproximadamente cada cuatro años. Los autores reportaron un deterioro en la función ejecutiva con el aumento de edad y además identificaron cuatro patrones de deterioro. En la figura 20 y 21 se presentan la distribución de las trayectorias y las cuatro clasificaciones de trayectorias respectivamente. En los gráficos se evidencia que en una muestra sana (i.e., sin deterioro cognitivo) los cambios en puntajes de funcionamiento ejecutivo pueden ser muy variables. Con una muestra de 781 personas, se reportó una variabilidad individual significativa en el desempeño de funcionamiento ejecutivo y en la pendiente de deterioro. Esto implica que, aunque haya un deterioro significativo en esta función con el aumento de edad, el cambio es heterogéneo.





**Figura 20.** Distribución de trayectorias de Funcionamiento Ejecutivo (Caballero et al., 2021).



**Figura 21.** Clasificación de Funcionamiento Ejecutivo según modelo de cuatro clases (Caballero et al., 2021).

En los estudios citados (Kim y Kim, 2019; Yaffe et al., 2010; McFall et al., 2019; Caballero et al., 2021) se buscó describir los cambios longitudinales en el funcionamiento cognitivo de una muestra sana de personas mayores e identificaron varios patrones de trayectorias. Cabe resaltar, que en dichos estudios realizaron las tres mediciones con separaciones de un mínimo de dos años y trabajaron con muestras de al menos 781 participantes. Esto sugiere que se requiere de una muestra de suficiente tamaño para identificar varios patrones distintos y mediciones más distanciadas para observar cambios en el funcionamiento cognitivo.

Asimismo, se debe considerar la magnitud del cambio esperable en un corto plazo. De acuerdo con Harada et al. (2013), las habilidades fluidas; es decir, aquellas que requieren procesamiento cognitivo en el momento para manipular la información, se deterioran a una tasa de 0.02 desviaciones estándar por año, mientras que las habilidades cristalizadas; es decir, las habilidades acumuladas que resultan del procesamiento de lo que ocurrió en el pasado, se mantienen estables o mejoran inclusive durante la sexta y séptima década de vida. Al tomar estos datos como referencia, se evidencia que el cambio cognitivo por detectar entre mediciones es muy pequeño.

Además de la magnitud del cambio, se debe considerar el rango de edad donde se puede esperar un cambio significativo. En cuanto a las variables cognitivas, Schaie y Willis (2010) señalan que las disminuciones promedio confiables y replicables no se encuentran antes de los 60 años. Los autores también señalan que inclusive a los 81 años, menos de la mitad de las personas evaluadas mostraron un cambio confiable en los últimos siete años. En el presente proyecto las personas participantes eran mayores de 55 (con un promedio de edad de 68.45 años en la línea base) y fueron reevaluadas en un corto tiempo, por lo que es posible que fuera una muestra muy joven para detectar deterioro.

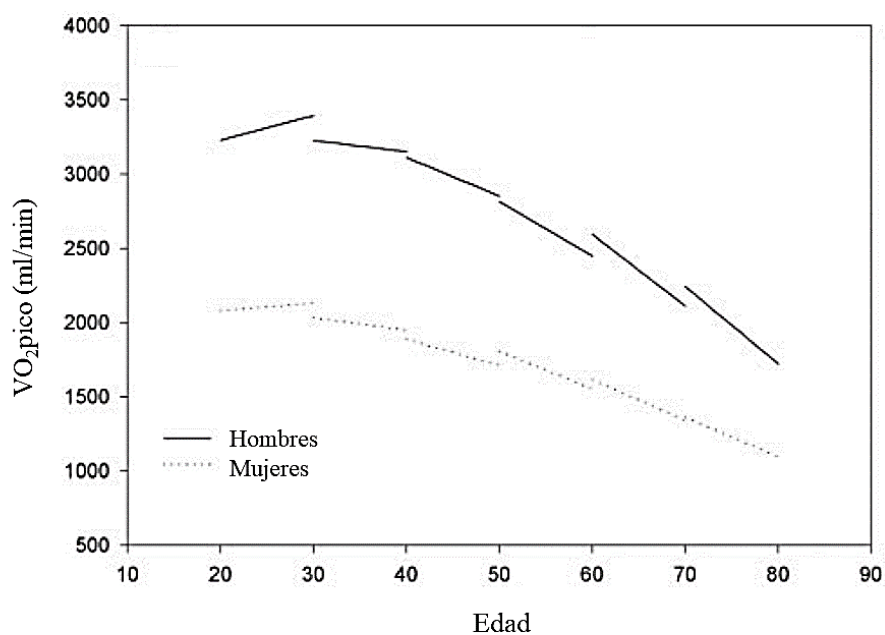
También se debe considerar que, en este y otros estudios se reportan muestras con un rango de edad amplio que abarca hasta tres décadas (55-85 años). Como reporta la evidencia previa, esto genera gran variabilidad interindividual. Asimismo, tanto al comparar de manera transversal, como al estudiar cambios longitudinales, no se puede esperar que las personas de 55 años presenten características similares a las personas de 85. Esto hace surgir el cuestionamiento de analizar a las personas adultas mayores como una sola población. En los estudios de envejecimiento, se debe analizar y justificar el rango de edad incluido con base en los objetivos y lo que la evidencia previa indica sobre las variables de interés en este grupo poblacional.

El efecto de práctica que se presenta en los estudios longitudinales también puede influir en los puntajes de las pruebas, provocando que, si hubiera un deterioro en el funcionamiento cognitivo, este no se detecte. Es posible que las personas mejoren su desempeño al repetir la misma batería de pruebas en el tiempo, afectando la medición de los constructos bajo evaluación (Murman, 2015).

En una revisión sobre envejecimiento cognitivo, Salthouse (2012) señala que las comparaciones longitudinales intra sujeto han revelado la estabilidad o inclusive mejoría en el desempeño cognitivo, mientras que las comparaciones transversales suelen revelar deterioros desde la adultez temprana. El autor sugiere que el efecto de práctica influye en los datos longitudinales, los cuales no proveen mediciones puras del cambio por aumento de edad, ya que los puntajes en el segundo momento de medición podrían estar inflados por la práctica previa. No obstante, otro aspecto que puede influir en este fenómeno son las diferencias por cohorte. Resultados del SLS han demostrado la prevalencia de diferencias sustanciales en habilidades cognitivas entre cohortes que sugieren que la comparación transversal subestima algunos cambios y sobreestima otros (Schaie y Willis, 2010).

En este estudio, los puntajes de los factores físicos también se mostraron estables a lo largo de las tres mediciones. Otros estudios han reportado una disminución de la capacidad física en personas adultas mayores. Por ejemplo, Metti, Best, Shaaban, Ganguli y Rosano (2018), evaluaron la función física con la prueba TUG anualmente en nueve ocasiones y reportaron una disminución lineal en el rendimiento.

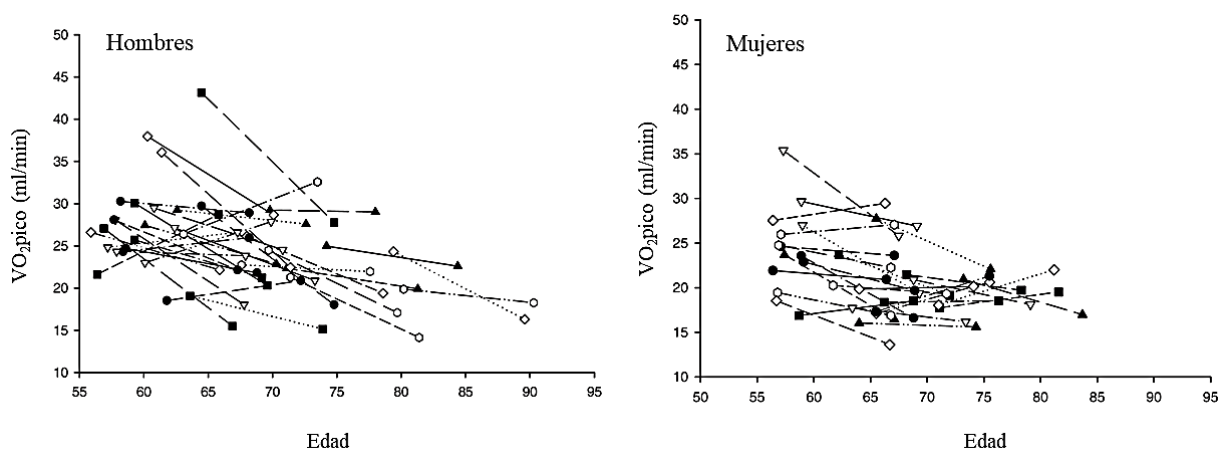
Por el contrario, aunque anteriormente se ha reportado que la tasa de cambio longitudinal para el consumo de oxígeno pico varía entre 5% y >20% a partir de los 30 años, Fleg et al. (2005) encontraron que la tasa de cambio no es lineal, sino que se acelera dramáticamente a edades mayores en ambos sexos (Figura 22).



**Figura 22.** Cambios en el VO<sub>2</sub>pico por década (Fleg et al., 2005)

Al igual que Fleg et al. (2005), Jackson et al. (2009) reportaron los cambios en la capacidad cardiorrespiratoria por décadas y destacaron que el deterioro de esta capacidad no se da de manera lineal, sino que se acelera después de los 45 años.

Stathokostas, Jacob-Johnson, Petrella y Paterson (2004), realizaron un seguimiento de 10 años a un grupo de personas mayores de 55 años para evaluar su capacidad aeróbica. En el estudio se indica un cambio significativo promedio de  $-4.3 \pm 6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  para los hombres y un cambio no significativo promedio de  $-1.9 \pm 3.6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  para las mujeres. Sin embargo, cabe resaltar la variabilidad que se presentó en las trayectorias de cambio, ya que algunas personas participantes tuvieron un deterioro más pronunciado e incluso algunas personas mostraron una mejoría.



**Figura 23.** Cambios individuales en VO<sub>2</sub>pico para hombres y mujeres (Stathokostas et al., 2004)

Amesberger, Finkenzeller, Müller y Würth (2019), estudiaron el cambio en VO<sub>2</sub>pico y la fuerza de extensión de rodilla en una muestra de 22 personas durante seis años y reportaron una disminución significativa en la primera variable, pero no en la segunda. No obstante, a pesar del cambio significativo, los autores reportan que los puntajes se mantuvieron estables durante las cuatro mediciones realizadas en los seis años.

No se identificaron investigaciones previas que reporten con detalle los cambios en variables de aptitud física durante el envejecimiento en periodos de dos a tres años. Stathokostas et al. (2004), estimaron el cambio promedio anual dividiendo el cambio observado tras el seguimiento de una década entre diez. Además, compararon la tasa de cambio identificada en su investigación con la tasa de cambio reportadas en otros estudios longitudinales. Estas estuvieron en un rango entre 0.27 y 1.4  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  para los hombres y entre 0.40 y 0.82  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  para las mujeres.

En un estudio de seguimiento a personas con demencia mayores de 60 años se encontró que en un año hubo un deterioro significativo en mediciones físicas (i.e. sensoriales, fuerza, tiempo de reacción, balance y coordinación) y cognitivas (i.e. atención, orientación, memoria, fluencia verbal, lenguaje y habilidades visuoespaciales) (Taylor et al., 2017). Por lo tanto, es esperable que las personas con condiciones como demencia presenten una tasa de cambio más acelerado que las personas mayores cognitivamente intactas.

Al analizar la poca variabilidad longitudinal se debe considerar la muerte experimental. En el presente estudio, de las 76 personas evaluadas inicialmente en el 2016, únicamente 41 completaron las tres evaluaciones anuales. Los patrones de muerte experimental en estudios longitudinales no suelen ser azarosos. Se ha reportado que estos patrones predicen la mortalidad y reflejan factores de deterioro cognitivo, enfermedad y envejecimiento biológico (MacDonald et al., 2004). Las personas que se mantienen en los estudios longitudinales con el paso del tiempo podrían ser las más sanas y educadas, con mayor poder adquisitivo y mayores puntajes cognitivos en la línea base, lo cual no refleja con precisión los cambios para la mayoría de las personas mayores (Harada, Love y Triebel, 2013; Murman, 2015). Por lo tanto, es posible que se subestimen los cambios longitudinales al ser excluidas las personas participantes que han experimentado mayor deterioro.

A pesar de las complejidades y múltiples factores que se deben considerar para el diseño de un estudio longitudinal, su implementación es de suma importancia debido a que tienen el poder de detectar variables antecedentes o predictoras de diferentes niveles de funcionamiento en edades avanzadas. Algunos factores que se han identificado de esta forma incluyen enfermedades crónicas, estatus socioeconómico, ambientes estimulantes, estatus cognitivo de la pareja y la velocidad de procesamiento (Schaie y Willis, 2010).

*c) Relación entre variables de rendimiento cognitivo y físico*

Para investigar las relaciones entre las variables físicas y cognitivas, se realizó un análisis gráfico y un análisis de regresión multivariado.

En el análisis gráfico destacó la variabilidad en las pendientes de las relaciones entre factores, lo cual sugiere que no hay una relación consistente entre los factores físicos y cognitivos a nivel longitudinal. Asimismo, no fue posible realizar el análisis de las relaciones entre los cambios físicos y cognitivos debido a la ausencia de cambios observables. Por lo tanto, no se realizó el modelo mixto que se planificó para el análisis de la relación longitudinal, y como alternativa, se realizó un análisis de regresión múltiple utilizando únicamente los datos de un momento de medición (2017).

*Modelos de regresión*

Se elaboraron modelos de regresión múltiple para los factores cognitivos, utilizando como predictores los puntajes de los factores físicos Aptitud Física relacionada con Salud y Aptitud Física Funcional, y los puntajes en las pruebas de desempeño aeróbico ( $VO_{2pico}$ ) y de fuerza (fuerza de prensión manual).

El objetivo planteado únicamente contemplaba utilizar los puntajes contruidos con el análisis factorial para los modelos de regresión. Sin embargo, hay amplia literatura sobre de la relación entre el desempeño cognitivo y físico en la adultez mayor, donde se utilizaron como predictores la fuerza de prensión manual (Narazaki et al., 2014; Ramnath et al., 2018) y la capacidad aeróbica (Bugg et al., 2012; Dupuy et al., 2018; Voss et al., 2010). Asimismo, estas capacidades físicas son comúnmente evaluadas en población mayor debido a que son predictores de mortalidad (Lee, Artero, Sui, & Blair, 2010; Liu et al., 2019) y de la calidad de vida (Evaristo et al., 2019).

Por ello se procedió a realizar un modelo con los puntajes factoriales y otro modelo con los puntajes de dichas pruebas para cada variable dependiente. Esto permite comparar cuáles variables explican más variabilidad y por lo tanto son mejores predictoras de las variables cognitivas de interés. A su vez permite comparar los resultados del presente análisis con los resultados reportados por otros autores.

En la siguiente sección únicamente se discutirán los modelos que cumplieron con los supuestos estadísticos. Además, cabe destacar que el tamaño de muestra para los modelos de regresión fue adecuado, ya que se cumplió con la regla de 15 observaciones por cada variable independiente incluida (Hair et al., 2014).

#### *Modelos de regresión para Funcionamiento Ejecutivo*

Los modelos generados consiguieron explicar poca variabilidad en los puntajes de Funcionamiento Ejecutivo (9.08 y 4.57% para el Modelo 1 y Modelo 2, respectivamente).

En el Modelo 1, donde se utilizaron los puntajes de los factores físicos, se encontró que únicamente el factor de Aptitud Física Funcional fue un predictor significativo, mientras que la Aptitud Física relacionada con Salud no lo fue.



Cabe resaltar que el Modelo 1 cumplió con todos los supuestos estadísticos, mientras que el Modelo 2, donde los predictores fueron el consumo de oxígeno pico y la fuerza de presión manual, presentó multicolinealidad y heterocedasticidad. Al trabajar con relaciones estadísticas como las de los modelos de regresión, donde se usan estimaciones para una población, se debe asegurar el cumplimiento de supuestos estadísticos para hacer interpretaciones válidas y predicciones no sesgadas (Hair et al., 2014). Asimismo, el Modelo 2 no alcanzó significancia estadística. Esta es una evaluación del impacto del error de muestreo y refleja si los resultados son generalizables a la población o si el modelo es específico para una muestra (Hair et al., 2014). Dada la violación de supuestos y la insignificancia estadística, no es posible realizar interpretaciones confiables del Modelo 2.

En el Modelo 1 se identificó una asociación positiva entre la Aptitud Física Funcional y el Funcionamiento Ejecutivo que es afectada por el género. El incremento en una unidad de Aptitud Física Funcional refleja el aumento en 0.67 unidades para el Funcionamiento Ejecutivo en los hombres. Sin embargo, la asociación no es significativa para las mujeres.

La ausencia de asociación entre el Funcionamiento Ejecutivo y el factor de Aptitud Física relacionado con Salud destaca dado que múltiples estudios han reportado asociaciones significativas entre variables que componen dicho factor (i.e. capacidad aeróbica y fuerza de prensión manual) y evaluaciones ejecutivas.

En cuanto a la capacidad aeróbica evaluada por medio de una prueba de ejercicio gradual, varios autores reportan una asociación significativa. En la investigación de García et al. (2013) con una muestra de pacientes con falla cardíaca, se encontró que la capacidad cardiorrespiratoria fue un predictor para el desempeño ejecutivo ( $\beta = 0.37$ ,  $p = 0.04$ ). Además, Bugg et al. (2012) reportaron que el  $VO_{2\text{máx}}$  fue un predictor significativo del

funcionamiento ejecutivo ( $R^2$  ajustada= 0.34,  $\beta$ = 0.11,  $p$ = 0.008) en una muestra de personas con obesidad.

En personas adultas mayores sin morbilidades significativas también se han identificado asociaciones entre la capacidad aeróbica y la función ejecutiva. Voss et al. (2010) encontraron que un mayor consumo de oxígeno se asocia con menos errores en la prueba de función ejecutiva ( $r$ = -0.19,  $p$  < 0.05). No obstante, en una muestra de personas mayores con altos niveles de actividad física, Dupuy et al. (2018) encontraron una relación significativa entre la capacidad aeróbica y el desempeño ejecutivo en una prueba de tarea dual computarizada, pero no con las otras pruebas ejecutivas (TMT y test de Stroop).

El método de evaluación de las funciones también se ha demostrado que afecta. Por ejemplo, McAuley et al. (2011) reportaron una asociación significativa entre los puntajes de función ejecutiva (específicamente de la memoria de trabajo) y de consumo de oxígeno evaluado con una prueba gradual en banda sin fin ( $r$ = -0.23,  $p$  = 0.05); pero no encontraron esa asociación cuando se usó la prueba de Rockport ( $r$ = -0.15,  $p$  = 0.23).

Además de la capacidad aeróbica, el factor de Aptitud Física relacionada con Salud se compone de la fuerza de prensión manual y el porcentaje de masa corporal libre de grasa. En cuanto al primer componente, también existe evidencia de su asociación con tareas ejecutivas. Ramnath et al. (2018) crearon un modelo de regresión donde el equilibrio dinámico ( $p$ = 0.113,  $b$ = -0.070), la fuerza de prensión manual ( $p$ = 0.002,  $b$ = 0.440), la edad ( $p$ = 0.053,  $b$ = -0.375), y el puntaje de una prueba de deterioro cognitivo ( $p$ = 0.000,  $b$ = -1.071) predicen 45% de la varianza en las respuestas correctas de la prueba de Stroop.

En relación con la masa libre de grasa, también existe evidencia que vincula este componente con el funcionamiento cognitivo durante la adultez mayor. Farruggia y Small (2019), realizaron una revisión sistemática sobre el efecto de la grasa corporal sobre la

cognición en diferentes etapas del desarrollo. Algunos hallazgos relevantes incluyen: a) durante la adultez mayor la adiposidad, independiente de la diabetes, hipertensión e hipercolesterolemia, contribuye al deterioro cognitivo; b) la adiposidad puede tener consecuencias dramáticas sobre la fisiología, incluyendo la inflamación, menor capacidad cardíaca y cambios vasculares que pueden afectar la cognición; c) la obesidad, independiente de la diabetes, está asociada a un peor desempeño en pruebas de memoria visual y memoria a corto plazo en personas mayores, y d) el índice de masa corporal se asocia con un peor desempeño en atención y función ejecutiva, pero explica un máximo de 4% de la varianza en estas variables.

Dados los reportes previos de las asociaciones entre cada indicador del factor Aptitud Física relacionada con Salud y el rendimiento ejecutivo en la adultez mayor, era esperable que se encontrara una asociación entre estos factores. Sin embargo, esta relación no fue significativa.

Por otro lado, el hallazgo de la asociación entre el Funcionamiento Ejecutivo y la Aptitud Física Funcional es congruente con los resultados reportados en algunas investigaciones donde se analizaron dimensiones de capacidad física similares a las que conforman este factor físico. Voelcker-Rehage et al. (2009) realizaron un análisis de regresión múltiple usando como predictores dos dimensiones físicas: aptitud física (compuesta por la fuerza muscular y la aptitud cardiorrespiratoria) y aptitud motora (compuesta por la flexibilidad, velocidad de movimiento, balance y coordinación). Ambas dimensiones contribuyeron a la predicción del control ejecutivo de forma que la aptitud física y la aptitud motora explicaron 6% ( $\beta = -0.27$ ,  $p < 0.01$ ) y 14.80% ( $\beta = -0.40$ ,  $p < 0.001$ ) de la varianza respectivamente. Destaca que, en dicho modelo, las habilidades motoras tienen un

mayor peso predictivo que las capacidades físicas relacionadas con salud, de forma similar a los hallazgos del presente trabajo.

McGough et al. (2011) reportaron que el rendimiento en el TUG se asocia significativamente con el puntaje del TMT\_B ( $R^2 = 0.08$ ,  $\beta = 0.256$ ,  $p = 0.001$ ) y con la prueba de Stroop ( $R^2 = 0.06$ ,  $\beta = 0.228$ ,  $p < 0.002$ ). Por otra parte, Falck, Wilcox, Best, Chandler y Liu-Ambrose (2017) reportaron una relación bivariada moderada entre TMT y un puntaje compuesto estandarizado de desempeño físico que incluye dos indicadores del factor Aptitud Física Funcional ( $r = -0.33$ ,  $p < 0.02$ ). El modelo de regresión compuesto por este puntaje explica 16% de la varianza de esta prueba ejecutiva. Por ende, la asociación encontrada en el presente trabajo entre la Aptitud Física Funcional y el Funcionamiento Ejecutivo es consistente con evidencia previa.

Sin embargo, en el modelo de predicción reportado por Ramnath et al. (2018), los puntajes del TUG, Levantarse y sentarse en la silla, flexión de codo y la caminata de seis minutos no se relacionaron con el rendimiento en la prueba de Stroop. Las primeras tres evaluaciones son indicadores del factor Aptitud Física Funcional. Así, se evidencia la inconsistencia en los hallazgos previos con respecto a la relación entre capacidades físicas funcionales y el rendimiento ejecutivo.

A pesar de que la Aptitud Física Funcional y su interacción con el Sexo generaron un modelo de regresión significativo, este explica apenas 9.08% de la varianza, un porcentaje bajo que sugiere que otras variables no incluidas en el presente trabajo podrían explicar mejor la variabilidad en el Funcionamiento Ejecutivo de esta muestra.

#### *Modelos de regresión para Memoria Verbal*

Para los modelos de Memoria Verbal también fue necesario separar las variables predictoras debido a la multicolinealidad. Conforme aumenta la multicolinealidad, la

estimación de la varianza explicada disminuye y se dificulta la estimación del efecto individual de cada variable independiente, creando en ocasiones coeficientes con signos equivocados (Hair et al., 2014), como se observó en el modelo 3 antes de separar los factores. Por ello se presentan cuatro modelos, los cuales cumplieron todos los supuestos estadísticos.

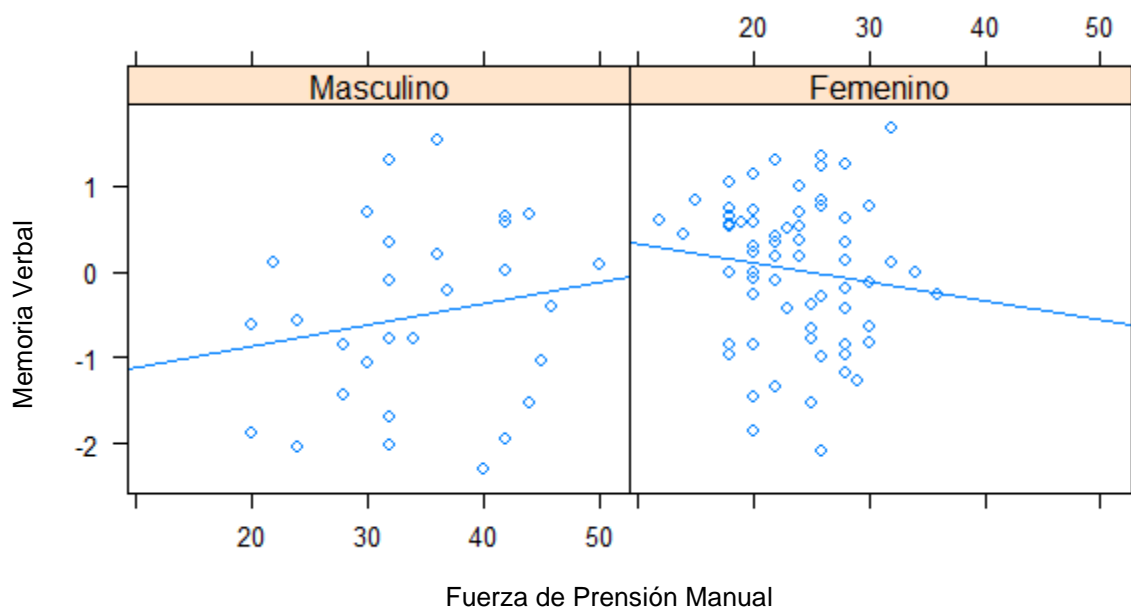
Los Modelos 3a y 3b se generaron con los factores Aptitud Física relacionada con Salud y Aptitud Física Funcional respectivamente. El Modelo 3a explica únicamente 11.61% de la variabilidad mientras que el Modelo 3b explica 20.57%, mostrando que la Aptitud Física Funcional es un mejor predictor de la Memoria Verbal.

Además, en el Modelo 3a el único predictor significativo es el Sexo. A pesar de esto, el modelo significativo también incluye la Aptitud Física relacionada con Salud. Los resultados indican que hay diferencias entre los puntajes de Memoria Verbal de los hombres y las mujeres, pero estas diferencias no están relacionadas con la Aptitud Física relacionada con Salud.

Por lo contrario, el Modelo 3b provee evidencia de que la Aptitud Física Funcional, así como el Sexo están asociados significativamente con la Memoria Verbal. Sin embargo, estas dos variables independientes no interaccionan, de forma que la Aptitud Física Funcional afecta a hombres y mujeres de la misma manera, aunque los puntajes entre sexos difieran entre sí. El cambio en una unidad de Aptitud Física Funcional se asocia al cambio en 0.60 unidades de Memoria Verbal.

Los Modelos 4a y 4b se generaron con los puntajes de fuerza de prensión manual y  $VO_{2pico}$  respectivamente. En ambos se identificó que estas variables independientes no son predictores significativos. En el caso del Modelo 4a, la Edad fue la única variable predictora significativa, indicando que el aumento de edad se asocia con menores puntuaciones en Memoria Verbal. Además, resaltó que gráficamente se observó una interacción entre el Sexo

y la Fuerza de prensión, pero la misma no alcanzó significancia estadística. Al observar la figura 24 se identifica que las puntuaciones de las mujeres están más agrupadas que las de los hombres, generando una pendiente a partir de puntajes en un rango más pequeño.



**Figura 24.** Relación entre Fuerza de Prensión Manual y Memoria Verbal para hombres y mujeres.

Por otro lado, en el modelo 4b únicamente el Sexo fue una variable predictora, mostrando nuevamente que la Memoria Verbal difiere significativamente entre hombres y mujeres.

Similarmente que en el análisis de los modelos 1 y 2 de Funcionamiento Ejecutivo, llama la atención que los puntajes en las pruebas de capacidad aeróbica ( $VO_{2pico}$ ) y fuerza (prensión manual) no fueran predictores significativos. No obstante, para la variable de Memoria Verbal la evidencia ha sido menos consistente sobre su asociación con las capacidades físicas.

En el estudio de Bodin et al. (2020) el  $\text{VO}_2\text{pico}$  no fue un predictor significativo del desempeño en Memoria Verbal, aunque sí lo fue para otras funciones cognitivas. Nagamatsu et al. (2013) tampoco hallaron una asociación entre las mediciones físicas de balance, movilidad y capacidad cardiovascular y la memoria verbal. Por el contrario, García et al. (2013) reportaron que la capacidad aeróbica predice el rendimiento en tareas de memoria verbal evaluada con el *California Verbal Learning Test* y el *Complex Figure Test* ( $\beta = .46$ ,  $p = 0.04$ ). En otro estudio realizado por Barnes, Yaffe, Satariano y Tager (2003), se encontró que el aumento de una desviación estándar en el consumo de oxígeno pico incrementa significativamente el puntaje de memoria verbal en 0.4 (rango= 0.0–0.8).

Arrieta et al. (2018) evaluaron la fuerza de prensión manual y usaron medidas del SFT para evaluar las capacidades funcionales. Entre sus hallazgos reportan que la memoria verbal se asoció con la fuerza de miembros superiores y la flexibilidad de miembros inferiores.

La interacción entre las capacidades físicas y la memoria verbal durante la adultez mayor se ha estudiado en menor medida que las funciones ejecutivas. Esto podría estar relacionado con la importancia que sostiene el funcionamiento ejecutivo en los quehaceres de la vida diaria. Por lo tanto, la literatura acerca de cómo la memoria verbal es afectada por los niveles de aptitud física es menos extensa. No obstante, el presente trabajo aporta evidencia de que las capacidades funcionales pueden explicar en mayor medida la variabilidad de la memoria verbal que la del funcionamiento ejecutivo.

*d) Diferencias entre sexos*

Las diferencias entre sexos en las habilidades cognitivas y físicas han sido ampliamente documentadas en diferentes edades. Se ha reportado mayores puntajes en pruebas de habilidades espaciales para hombres y mayores puntajes en habilidades verbales para las mujeres. Sin embargo, las trayectorias de cambio cognitivo de los hombres y mujeres han sido menos estudiados.

McCarrey et al. (2011) estudiaron estas trayectorias en personas mayores sanas con datos del estudio longitudinal en envejecimiento de Baltimore (BLSA, siglas en inglés) y encontraron diferencias significativas en la línea base para la memoria verbal, donde las mujeres presentaron niveles más altos, pero la tasa de deterioro fue similar que la de los hombres. En cuanto a la función ejecutiva, la diferencia por sexo fue marginalmente significativa, con un desempeño mayor en las mujeres para una de las pruebas. Sin embargo, la tasa de deterioro no fue distinta entre sexos. Por lo contrario, las tasas de cambio para otras dimensiones cognitivas (e.g., velocidad e integración psicomotora, memoria visual y habilidades visuoespaciales) sí fueron distintas para hombres y mujeres.

La variable de sexo fue un predictor significativo en varios de los modelos en el presente estudio. En el Modelo 1 se identificó una interacción significativa que implica que el efecto de la Aptitud Física Funcional sobre el Funcionamiento Ejecutivo es distinto para los hombres y para las mujeres. Este fue el único modelo donde se encontró dicha interacción, pero el Sexo fue un predictor significativo en los modelos 3a, 3b y 4b, evidenciando que hay diferencias en los puntajes de la Memoria Verbal para hombres y mujeres.

Hay abundante evidencia que indica que las mujeres presentan una ventaja en las pruebas de memoria verbal, tanto para el recuerdo de palabras como en la fluidez verbal. Algunos estudios sugieren que la diferencia entre sexos está relacionada con el uso de



estrategias cognitivas de agrupación de elementos por parte de las mujeres. Sin embargo, también se han identificado diferencias funcionales por medio de neuroimagen que sugieren que las mujeres presentan una participación bilateral cerebral en el lenguaje, mientras que los hombres tienden a presentar una activación unilateral para tareas verbales (Andreano y Cahil, 2009).

Las diferencias por sexo se pueden deber a diferencias en hormonas sexuales e indicadores de salud, pero también a factores socioculturales como las experiencias de vida y expectativas sociales diferenciadas. Podría haber un desarrollo distinto de algunas aptitudes físicas funcionales y cognitivas debido a las demandas diarias o participación en ciertas actividades por parte de hombres y mujeres. Por ello se recomienda que se estudie la asociación entre indicadores de salud y diferencias por sexo (Wahlin, MacDonald, de Frias, Nilsson y Dixon, 2006) y conocer las variables que explican o moderan esta relación.

Interesa conocer la diferencia en la relación entre las capacidades físicas y cognitivas de los hombres y las mujeres porque se ha reportado que el efecto del ejercicio sobre la cognición puede ser distinto entre sexos, con un mayor beneficio para las mujeres (Barha, Davis, Falck, Nagamatsu y Liu-Ambrose, 2017). En un metaanálisis realizado por dichos autores, se reportó que en las intervenciones de entrenamiento aeróbico y contra resistencia, el efecto beneficioso sobre las funciones ejecutivas era mayor para los estudios con mayor participación de mujeres, pero no sobre la memoria episódica, ni la función visuoespacial. Por lo tanto, al describir y comprender estas diferencias es posible crear intervenciones basadas en evidencia, específicas para cada sexo.

## **VIII. Conclusiones**

En el presente trabajo se describió y confirmó la estructura factorial de una batería de pruebas físicas y una batería de pruebas neuropsicológicas para una muestra de personas costarricenses mayores de 55 años. Además, se analizó la relación entre los factores físicos y cognitivos para esta muestra.

Esta no es la primera investigación donde se han creado puntajes compuestos de capacidades físicas o cognitivas. En otros estudios se han transformado los puntajes brutos en puntajes estandarizados y se han promediado para obtener un puntaje representativo del constructo de interés. Sin embargo, el promedio no ponderado o pesado de varios indicadores para conformar un puntaje compuesto no cuenta con la misma validez que un puntaje creado y confirmado con estrategias de análisis factorial. De tal manera, este es un aporte significativo y novedoso del presente estudio para las Ciencias del Movimiento Humano.

La estructura factorial generada concuerda con lo que la evidencia previa ha reportado; sin embargo, se realizaron interpretaciones novedosas con base en la covariación de los puntajes y el análisis de las habilidades requeridas para completar cada prueba.

Se hipotetizó que se encontrarían relaciones significativas entre los puntajes de rendimiento cognitivo y físico. Esto se cumplió parcialmente, dado que se identificaron asociaciones significativas entre la Aptitud Física Funcional y las variables cognitivas de Funcionamiento Ejecutivo y Memoria Verbal. No obstante, a pesar de la amplia evidencia previa, no se identificó una asociación significativa entre la Aptitud Física relacionada con Salud y estas variables cognitivas.

También se hipotetizó la covariación de los cambios en los puntajes físicos y cognitivos; sin embargo, no fue posible poner a prueba esta hipótesis debido a la baja

variación de los puntajes entre los tres momentos de medición, lo que hace indicar que no se deben esperar cambios cognitivos en menos de tres años, sino que se requiere de más años para poder observar esos cambios. A partir de la revisión de otros estudios donde se realizaron seguimientos longitudinales en poblaciones similares con variables cognitivas y físicas, se determinó que, para una muestra de personas mayores sanas, el lapso de dos a tres años fue insuficiente para detectar cambios importantes.

La ausencia de cambios observables en el presente trabajo además reta las nociones de que el envejecimiento está caracterizado por constantes pérdidas o deterioro. Aunque las evaluaciones se realizaron en un tiempo corto en una muestra de personas relativamente sanas, se evidenció que durante este intervalo no hubo un deterioro en la función física ni cognitiva. Esto provee evidencia de que, al estudiar el envejecimiento no se debe concebir exclusivamente el deterioro de la función sino el mantenimiento, particularmente en intervalos cortos (i.e. dos a tres años). Además, resalta la importancia de identificar variables que predicen la salud en edades avanzadas o el llamado “envejecimiento exitoso”.

En el presente estudio, las personas participantes no se pueden considerar personas mayores típicas, pues tienen independencia, se movilizan a la universidad y participan activamente en múltiples actividades. Esto difiere de una amplia cantidad de personas mayores de 55 años.

A pesar de que no fue posible analizar la relación entre los cambios en los puntajes físicos y cognitivos, sí se realizó un análisis de regresión para predecir la variación del Funcionamiento Ejecutivo y la Memoria Verbal a partir de las capacidades físicas. Los principales hallazgos fueron que: a) la Aptitud Física Funcional fue el mejor predictor de ambas variables cognitivas, y b) la Aptitud Física Funcional está asociada con los puntajes

de Memoria Verbal en mayor medida que con los puntajes de Funcionamiento Ejecutivo en el caso de las mujeres.

El primero es un hallazgo innovador, ya que anteriormente se ha estudiado el efecto de la Aptitud Física relacionada con Salud sobre variables de función cognitiva en mayor medida que otras capacidades físicas. A pesar de que la evidencia previa apunta a que la capacidad aeróbica, la adiposidad y la fuerza muscular se asocian con el funcionamiento cognitivo en la adultez mayor, el factor Aptitud Física relacionada con Salud, conformado por dichos indicadores, no aportó significativamente a ninguno de los modelos de predicción. Tampoco lo hizo así el puntaje bruto de estas variables.

Este hallazgo además puede tener significancia práctica dado que la evaluación de la Aptitud Física Funcional es más sencilla y requiere de menos recursos. De esta forma, la valoración preventiva podría realizarse en espacios comunes como consultorios médicos o donde las personas mayores atienden a servicios de salud.

Cabe resaltar que los modelos con Aptitud Física Funcional explicaron un bajo porcentaje de la varianza (9.08-20.57%), sugiriendo que otras variables no incluidas en el análisis podrían ser mejores predictoras o aportar más a la explicación (e.g., nivel educativo).

Los indicadores de Aptitud Física relacionada con Salud (i.e. fuerza muscular, capacidad aeróbica y composición corporal) son de gran interés para las Ciencias del Movimiento Humano porque se pueden modificar a través del entrenamiento físico (de Lannoy et al., 2018; Kokkinos y Myers, 2019). A pesar de que este factor no fue un predictor del desempeño cognitivo, el mismo se encuentra muy relacionado con la Aptitud Física Funcional, por lo que se podría hipotetizar que, al mejorar la Aptitud Física relacionada con Salud, las habilidades funcionales podrían mejorar y así indirectamente impactar la cognición; de tal forma que la Aptitud Física relacionada con Salud podría convertirse en un

moderador de los cambios en la Aptitud Física Funcional. Futuras investigaciones deberán estudiar estos mecanismos de acción para la comprensión del efecto del ejercicio sobre las funciones cognitivas y el diseño de intervenciones efectivas.

Asimismo, se encontró evidencia de que el sexo influye sobre los puntajes cognitivos, de manera que las mujeres presentaron puntajes más altos de Memoria Verbal, y se identificó que la relación entre la Aptitud Física Funcional y el Funcionamiento Ejecutivo es afectada por el Sexo.

### *Limitaciones*

Una limitación importante del estudio fue la baja variabilidad en las puntuaciones de las personas participantes tanto en las valoraciones físicas como cognitivas. Al no detectarse cambios entre mediciones, no fue posible analizar la relación entre los cambios. Asimismo, por la naturaleza longitudinal del estudio, está sujeto a sesgos de selección, por el efecto de práctica y muerte experimental. Estas limitaciones de los estudios longitudinales no tienen una solución sencilla, pero es importante reconocer que todos los métodos analíticos tienen limitaciones.

Desde el reclutamiento, es difícil encontrar una muestra representativa de las características de la población adulta mayor costarricense, ya que las personas que participaron tendieron a ser muy independientes, sanas y activas, lo cual podría no representar al promedio de la población de este grupo de edad. Por ello es importante tener cautela al generalizar los resultados del presente trabajo únicamente a personas mayores sanas, con condiciones similares a las de los criterios de selección.

Otra limitación fue que no se incluyó el nivel educativo ni características socioeconómicas de las personas participantes, aspectos que se conoce influyen sobre el

desempeño en pruebas físicas y neuropsicológicas y que aumentan la reserva cognitiva. De acuerdo con la hipótesis de la reserva cognitiva, las personas con mayores niveles de educación, participación en ciertas actividades y niveles socioeconómicos más altos están más protegidas de tener manifestaciones clínicas de enfermedades neurológicas (Harada et al., 2013).

Aunque se ha discutido ampliamente la ausencia de cambio entre mediciones, no hay consenso acerca de cuál es un cambio mínimo relevante que se debe detectar para concluir que hay una diferencia significativa a nivel práctico o clínico y no solamente a nivel estadístico. Consecuentemente, una limitación del estudio fue la imposibilidad de calcular la potencia estadística, que podría indicar si el cambio no se observó por el tamaño de la muestra o porque realmente no existe un cambio. Tampoco es posible con la información disponible, calcular la cantidad de mediciones necesarias y qué tan distanciadas deben estar unas de otras, para identificar cambios y diferentes trayectorias de cambio físico y cognitivo durante el envejecimiento.

### *Recomendaciones*

Para el avance de la investigación en Ciencias del Movimiento Humano:

- a. Evaluar las variables de interés con varios instrumentos o baterías de pruebas validadas.
- b. Crear protocolos de evaluación o baterías de pruebas y probar su estructura para sacar conclusiones sobre constructos, no sobre los puntajes de las pruebas.
- c. Realizar estudios para identificar el mínimo cambio clínica o prácticamente relevante en variables físicas y cognitivas durante el envejecimiento.
- d. Incluir variables sociales y demográficas, incluyendo el nivel educativo, en investigaciones sobre la relación del rendimiento físico y cognitivo.

- e. Diferenciar entre el estudio de comparación de cohortes y estudios de seguimiento longitudinal, para diseñar investigaciones específicas para cada objetivo y hacer mejor uso de los recursos.
- f. Definir y justificar el rango de edad incluido en estudios de población mayor o sobre envejecimiento en función de los objetivos y las variables de interés.
- g. Incluir en la investigación con personas adultas mayores el estudio de variables que predicen el mantenimiento de la función y envejecimiento saludable.
- h. Diseñar y poner a prueba intervenciones o medidas específicas para cada sexo, en función de las diferencias detectadas por la evidencia.
- i. Realizar proyectos de investigación con personas mayores con distintas condiciones de salud y característica sociodemográficas.

Para el programa de Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano:

- a. Abarcar técnicas de análisis multivariado en el plan de estudios.
- b. Promover el trabajo interdisciplinario y colaborativo entre las Ciencias del Movimiento, Estadística y Ciencias Sociales para contar con criterios de experticia en los diferentes ámbitos.

Para instituciones públicas:

- a. Actualizar regularmente las políticas públicas relacionadas con el envejecimiento para adecuarlas a los cambios que se presentan en las diferentes cohortes.

## IX. Referencias

- Ahn, J. D., & Kang, H. (2015). Physical fitness and serum vitamin D and cognition in elderly Koreans. *Journal of sports science & medicine*, 14(4), 740.
- Ahlund, K., Bäck, M., Öberg, B., & Ekerstad, N. (2017). Effects of comprehensive geriatric assessment on physical fitness in an acute medical setting for frail elderly patients. *Clinical interventions in aging*, 12, 1929–1939. <https://doi.org/10.2147/CIA.S149665>
- Albert, M. S., Jones, K., Savage, C. R., Berkman, L., Seeman, T., Blazer, D., & Rowe, J. W. (1995). Predictors of cognitive change in older persons: MacArthur studies of successful aging. *Psychology and aging*, 10(4), 578. doi: 10.1037/0882-7974.10.4.578
- American College of Sports Medicine. (2018). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Tenth edition. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- Amesberger, G., Finkenzeller, T., Müller, E., & Würth, S. (2019). Aging-related changes in the relationship between the physical self-concept and the physical fitness in elderly individuals. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(S1), 26-34. <https://doi.org/10.1111/sms.13377>
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(2). doi:10.1002/14651858.CD005381
- Armitage, S. G. (1946). An analysis of certain psychological tests used in the evaluation of brain injury. *Psychological Monographs*, 60(1), 1-48.
- Arrieta, H., Rezola-Pardo, C., Echeverria, I., Iturburu, M., Gil, S. M., Yanguas, J. J., Irazusta, J. & Rodriguez-Larrad, A. (2018). Physical activity and fitness are associated with



- verbal memory, quality of life and depression among nursing home residents: preliminary data of a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 18(1), 80.
- Arvandi, M., Strasser, B., Meisinger, C., Volaklis, K., Gothe, R. M., Siebert, U., Ladwig, K.H., Grill, E., Horsch, A., Laxy, M., Peters, A., & Thorand, B. (2016). Gender differences in the association between grip strength and mortality in older adults: results from the KORA-age study. *BMC geriatrics*, 16(1), 201. doi:10.1186/s12877-016-0381-4
- Barha, C. K., Davis, J. C., Falck, R. S., Nagamatsu, L. S., & Liu-Ambrose, T. (2017). Sex differences in exercise efficacy to improve cognition: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials in older humans. *Frontiers in neuroendocrinology*, 46, 71-85.
- Bartsch, T., & Wulff, P. (2015). The hippocampus in aging and disease: From plasticity to vulnerability. *Neuroscience*, 309 (19), 1-16. doi:10.1016/j.neuroscience.2015.07.084
- Belsky, D. W., Caspi, A., Houts, R., Cohen, H. J., Corcoran, D. L., Danese, A., Harrington, H.L., Israel, S., Levine, M.E., Schaefer, J.D., Sugden, K., Williams, B., Yashin, A.I., Poulton, R., & Moffitt, T. E. (2015). Quantification of biological aging in young adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(30), E4104-E4110
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., Bobeuf, F. & Bosquet, L. (2014). Multiple roads lead to Rome: combined high-intensity aerobic and strength training vs. gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults. *Age*, 36(5), 9710.
- Best, J. R., Liu-Ambrose, T., Boudreau, R. M., Ayonayon, H. N., Satterfield, S., Simonsick, E.M., Studenski, S., Yaffe, K., Newman, A.B., & Rosano, C. (2016). An evaluation of the longitudinal, bidirectional associations between gait speed and cognition in

- older women and men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 71(12), 1616–1623.
- Bugg, J. M., Shah, K., Villareal, D. T., & Head, D. (2012). Cognitive and neural correlates of aerobic fitness in obese older adults. *Experimental aging research*, 38(2), 131-145.
- Burzynska, A. Z., Chaddock-Heyman, L., Voss, M. W., Wong, C. N., Gothe, N. P., Olson, E. A., Knecht, A., Lewis, A., & Wojcicki, T. R. (2014). Physical activity and cardiorespiratory fitness are beneficial for white matter in low-fit older adults. *PloS one*, 9(9), e107413.
- Buschke, H. (1984). Cued recall in amnesia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 6(4), 433-440.
- Caballero, H., McFall, G., Wiebe, S., & Dixon, R. (2021). Integrating Three Characteristics of Executive Function in Non-Demented Aging: Trajectories, Classification, and Biomarker Predictors. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 27(2), 158-171. doi:10.1017/S1355617720000703
- Christensen, H., Korten, A. E., Mackinnon, A. J., Jorm, A. F., Henderson, A. S., & Rodgers, B. (2000). Are changes in sensory disability, reaction time, and grip strength associated with changes in memory and crystallized intelligence? *Gerontology*, 46(5), 276-292.
- Chu, C. H., Chen, A. G., Hung, T. M., Wang, C. C., & Chang, Y. K. (2015). Exercise and fitness modulate cognitive function in older adults. *Psychology and aging*, 30(4), 842.
- Clouston, S. A., Brewster, P., Kuh, D., Richards, M., Cooper, R., Hardy, R., Rubin, M.S. & Hofer, S. M. (2013). The dynamic relationship between physical function and cognition in longitudinal aging cohorts. *Epidemiologic reviews*, 35(1), 33-50. doi:10.1093/epirev/mxs004

- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130. doi:10.1111/1467-9280.t01-1-01430
- Contraloría General de la República. (2019). *Impacto fiscal del cambio demográfico: Retos para una Costa Rica que Envejece*. DFOE-SAF-OS-00001-2019. San José, Costa Rica.
- Corbin, C. B., & Le Masurier, G. (2014). *Fitness for life*. Human Kinetics.
- Cotterell, N., Buffel, T., & Phillipson, C. (2018). Preventing social isolation in older people. *Maturitas*, 113, 80-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.014>.
- Dalleck, L. C., Astorino, T. A., Erickson, R. M., McCarthy, C. M., Beadell, A. A., & Botten, B. H. (2012). Suitability of Verification Testing to Confirm Attainment of VO<sub>2</sub>max in Middle-Aged and Older Adults. *Research in Sports Medicine*, 20(2), 118-128. doi:10.1080/15438627.2012.660825
- deLannoy, L., Sui, X., Blair, S. N., & Ross, R. (2018). All-cause mortality risk among active and inactive adults matched for cardiorespiratory fitness. *European Journal of Preventive Cardiology*, 26(5), 554-556. doi:10.1177/2047487318809186
- Demnitz, N., Esser, P., Dawes, H., Valkanova, V., Johansen-Berg, H., Ebmeier, K. P., & Sexton, C. (2016). A systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies examining the relationship between mobility and cognition in healthy older adults. *Gait & posture*, 50, 164-174.
- Demnitz, N., Hogan, D. B., Dawes, H., Johansen-Berg, H., Ebmeier, K. P., Poulin, M. J., & Sexton, C. E. (2018). Cognition and mobility show a global association in middle- and late-adulthood: Analyses from the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Gait & posture*, 64, 238-243.

- Dupuy, O., Bosquet, L., Fraser, S. A., Labelle, V., & Bherer, L. (2018). Higher cardiovascular fitness level is associated to better cognitive dual-task performance in Master Athletes: Mediation by cardiac autonomic control. *Brain and cognition*, 125, 127-134.
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K. S., White, S.M., Wójcicki, T.R., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19(10), 1030–1039. doi:10.1002/hipo.20547
- Evans, J. & Crawford, S. (2017). *Cognitive Rehabilitation in Dementia. A learning resource for staff*. NHS Education for Scotland.
- Evaristo, S., Moreira, C., Lopes, L., Oliveira, A., Abreu, S., Agostinis-Sobrinho, C., Oliveira-Santos, J., Póvoas, S., Santos, R., & Mota, J. (2019). Muscular fitness and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life: Results from labmed physical activity study. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 17(2), 55-61. doi:10.1016/j.jesf.2019.01.002
- Ferreira, S., Vanholsbeeck, G., Chopard, G., Pitard, A., Tio, G., Vandel, P., Galmiche, J., & Rumbach, L. (2010). Comparative norms of RAPID neuropsychological battery tests for subjects aged between 50 and 89 years. *Revue neurologique*, 166(6-7), 606-614. 10.1016/j.neurol.2009.12.005
- Field, A. P., Miles, J., & Field, Z. (2012). *Discovering statistics using R*. SAGE.
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G., & Lakatta, E. G. (2005). Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 112(5), 674-682.

- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.
- Foong, H. F., Hamid, T. A., Ibrahim, R., Haron, S. A., & Shahar, S. (2018). Predicting cognitive function of the Malaysian elderly: a structural equation modelling approach. *Aging and Mental Health*, 22(1), 109-120. doi:10.1080/13607863.2016.1231172
- García, S., Alosco, M. L., Spitznagel, M. B., Cohen, R., Raz, N., Sweet, L., Josephson, R., Hughes, J., Rosneck, J., Oberle, M.L. & Gunstad, J. (2013). Cardiovascular fitness associated with cognitive performance in heart failure patients enrolled in cardiac rehabilitation. *BMC cardiovascular disorders*, 13(1), 1-7.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1983a). *Boston Diagnostic Aphasia Examination*. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1983b). *Boston Naming Test scoring booklet*. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.
- Grober, E., & Buschke, H. (1987). Genuine memory deficits in dementia. *Developmental neuropsychology*, 3(1), 13-36.
- Grober, E., Merling, A., Heimlich, T., & Lipton, R. B. (1997). Free and cued selective reminding and selective reminding in the elderly. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 19(5), 643-654.
- Grober, E., Ocepek-Welikson, K., & Teresi, J. A. (2009). The free and cued selective reminding test: evidence of psychometric adequacy. *Psychology Science Quarterly*, 51(3), 266-282.
- Guadalupe-Grau, A., Carnicero, J. A., Gomez-Cabello, A., Gutierrez Avila, G., Humanes, S., Alegre, L. M., Castro, M., Rodríguez-Mañas, L., & Garcia-Garcia, F. J. (2015).

- Association of regional muscle strength with mortality and hospitalization in older people. *Age and Ageing*, 44(5), 790-795. doi:10.1093/ageing/afv0
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2014). Multivariate data analysis.
- Hajjar, I., Hayek, S. S., Goldstein, F. C., Martin, G., Jones, D. P., & Quyyumi, A. (2018). Oxidative stress predicts cognitive decline with aging in healthy adults: an observational study. *Journal of neuroinflammation*, 15(1), 17. doi:10.1186/s12974-017-1026-z
- Harada, C. N., Love, M. C. N., & Triebel, K. L. (2013). Normal cognitive aging. *Clinics in geriatric medicine*, 29(4), 737-752. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2013.07.002>
- Horning, S. M., & Davis, H. P. (2012). The recognition of facial expressions: an investigation of the influence of age and cognition. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 19(6), 657-676.
- Hugo, J., & Ganguli, M. (2014). Dementia and cognitive impairment: epidemiology, diagnosis, and treatment. *Clinics in Geriatric Medicine*, 30(3), 421-442. doi:10.1016/j.cger.2014.04.001
- Hyodo, K., Dan, I., Kyutoku, Y., Suwabe, K., Byun, K., Ochi, G., Kato, M. & Soya, H. (2016). The association between aerobic fitness and cognitive function in older men mediated by frontal lateralization. *Neuroimage*, 125, 291-300.
- INEC-Costa Rica. Encuesta Nacional de Hogares, 2019.
- Jeong, S., & Kim, J. (2018). Prospective Association of Handgrip Strength with Risk of New-Onset Cognitive Dysfunction in Korean Adults: A 6-Year National Cohort Study. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 244(2), 83-91. doi:10.1620/tjem.244.83

- Johnson, W., Bouchard Jr, T. J., Krueger, R. F., McGue, M., & Gottesman, I. I. (2004). Just one g: Consistent results from three test batteries. *Intelligence*, 32(1), 95-107.
- Kim, J.H., & Kim, J.M. (2019). Association of cognitive impairment and grip strength trajectories with mortality among middle-aged and elderly adults. *International psychogeriatrics*, 31(5), 723-734. DOI:10.1017/S1041610218001175
- Kokkinos, P., & Myers, J. (2019). Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and Health: A Historical Perspective. In P. Kokkinos & P. Narayan (Eds.), *Cardiorespiratory Fitness in Cardiometabolic Diseases: Prevention and Management in Clinical Practice* (pp. 1-9). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Kuller, L. H., Lopez, O. L., Becker, J. T., Chang, Y., & Newman, A. B. (2016). Risk of dementia and death in the long-term follow-up of the Pittsburgh Cardiovascular Health Study–Cognition Study. *Alzheimer's & Dementia*, 12(2), 170-183.
- Landers-Ramos, R. Q., & Prior, S. J. (2018). The Microvasculature and Skeletal Muscle Health in Aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 46(3), 172-179. doi:10.1249/jes.0000000000000151
- Lau, H., Ludin, A. F. M., Rajab, N. F., & Shahar, S. (2017). The Association between Physical Fitness with Successful Ageing and Risk of Cognitive Impairment among Malaysian Older Adults. *Jurnal Sains Kesihatan Malaysia (Malaysian Journal of Health Sciences)*, 15(2).
- Lee, D.C., Artero, E. G., Sui, X., & Blair, S. N. (2010). Review: Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *Journal of Psychopharmacology*, 24(4\_suppl), 27-35. doi:10.1177/1359786810382057
- Lee, P. G., Jackson, E. A., & Richardson, C. R. (2017). Exercise prescriptions in older adults. *American family physician*, 95(7), 425-432.

- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D. & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press
- Li, A., Yau, S.-y., Machado, S., Wang, P., Yuan, T.-F., & So, K.-F. (2019). Enhancement of Hippocampal Plasticity by Physical Exercise as a Polypill for Stress and Depression: A Review. *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets*, 18(4), 294-306. doi:10.2174/1871527318666190308102804
- Lin, P. S., Hsieh, C. C., Cheng, H. S., Tseng, T. J., & Su, S. C. (2016). Association between physical fitness and successful aging in Taiwanese older adults. *PloS one*, 11(3), e0150389.
- Liu, Y., Lee, D. C., Li, Y., Zhu, W., Zhang, R., Sui, X., Lavie, C.J., & Blair, S.N. (2019). Associations of Resistance Exercise with Cardiovascular Disease Morbidity and Mortality. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(3), 499-508. doi:10.1249/mss.0000000000001822
- Löllgen, H., & Bachl, N. (2016). Cardiovascular prevention and regular physical exercise: Activity and training as the true "polypill". *Herz*, 41(8), 664-670.
- Loprinzi, P. D. (2016). Lower extremity muscular strength, sedentary behavior, and mortality. *Age*, 38(2), 32. doi:10.1007/s11357-016-9899-9
- MacDonald, S. W., Dixon, R. A., Cohen, A. L., & Hazlitt, J. E. (2004). Biological age and 12-year cognitive change in older adults: findings from the Victoria Longitudinal Study. *Gerontology*, 50(2), 64-81.
- Martínez-Arias, M.R., Hernández-Lloreda, M.J. & Hernández-Lloreda, M.V. (2006). *Psicometría*. Alianza Editorial. Madrid.
- McAuley, E., Szabo, A. N., Mailey, E. L., Erickson, K. I., Voss, M., White, S. M., Wójcicki, T.R., Gothe, N., Olson, E.A., Mullen, S.P. & Kramer, A. F. (2011). Non-exercise



- estimated cardiorespiratory fitness: associations with brain structure, cognition, and memory complaints in older adults. *Mental health and physical activity*, 4(1), 5-11.
- McDonnell, M. N., Smith, A. E., & Mackintosh, S. F. (2011). Aerobic exercise to improve cognitive function in adults with neurological disorders: a systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(7), 1044-1052. doi:10.1016/j.apmr.2011.01.021
- McFall, G. P., McDermott, K. L., & Dixon, R. A. (2019). Modifiable risk factors discriminate memory trajectories in non-demented aging: Precision factors and targets for promoting healthier brain aging and preventing dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*, 70(s1), S101-S118.
- McGough, E. L., Kelly, V. E., Logsdon, R. G., McCurry, S. M., Cochrane, B. B., Engel, J. M., & Teri, L. (2011). Associations between physical performance and executive function in older adults with mild cognitive impairment: gait speed and the timed “up & go” test. *Physical therapy*, 91(8), 1198-1207.
- McMorris, T. (Ed.). (2015). *Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives*. Academic Press.
- Metti, A. L., Best, J. R., Shaaban, C. E., Ganguli, M., & Rosano, C. (2018). Longitudinal changes in physical function and physical activity in older adults. *Age and ageing*, 47(4), 558-564. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy025>
- Murman D. L. (2015). The Impact of Age on Cognition. *Seminars in hearing*, 36(3), 111–121. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555115>
- Narazaki, K., Matsuo, E., Honda, T., Nofuji, Y., Yonemoto, K., & Kumagai, S. (2014). Physical fitness measures as potential markers of low cognitive function in Japanese

- community-dwelling older adults without apparent cognitive problems. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 590.
- Ojagbemi, A., D'Este, C., Verdes, E., Chatterji, S., & Gureje, O. (2015). Gait speed and cognitive decline over 2 years in the Ibadan study of aging. *Gait & posture*, 41(2), 736-740.
- Pareja-Galeano, H., Garatachea, N., & Lucia, A. (2015). Exercise as a polypill for chronic diseases. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 135, 497-526. doi:10.1016/bs.pmbts.2015.07.019
- Pennington, M., Gomes, M., Chrysanthaki, T., Hendriks, J., Wittenberg, R., Knapp, M., Black, N., & Smith, S. (2018). The cost of diagnosis and early support in patients with cognitive decline. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 33(1), 5-13. doi:10.1002/gps.4641
- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J. P., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-991.
- Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403-410. doi:10.1007/s00421-007-0596-3
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ramnath, U., Rauch, L., Lambert, E. V., & Kolbe-Alexander, T. L. (2018). The relationship between functional status, physical fitness and cognitive performance in physically active older adults: A pilot study. *PloS one*, *13*(4), e0194918.
- Rigdon, B., & Loprinzi, P. D. (2019). The Association of Cardiorespiratory Fitness on Memory Function: Systematic Review. *Medicina*, *55*(5). doi:10.3390/medicina55050127
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior fitness test manual*. Human kinetics.
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society* *16*(5), 754-760. doi: 10.1017/S1355617710000706
- Sanchis-Gomar, F., Fiuza-Luces, C., & Lucia, A. (2015). Exercise as the master polypill of the 21st century for the prevention of cardiovascular disease. *International journal of cardiology*, *181*, 360-361.
- Schaie, K. W., & Willis, S. L. (2010). The Seattle Longitudinal Study of adult cognitive development. *ISSBD bulletin*, *57*(1), 24.
- Seltman, H. J. (2018). *Experimental Design and Analysis*. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University.
- Sexton, C. E., Betts, J. F., Demnitz, N., Dawes, H., Ebmeier, K. P., & Johansen-Berg, H. (2016). A systematic review of MRI studies examining the relationship between physical fitness and activity and the white matter of the ageing brain. *Neuroimage*, *131*, 81-90.
- Shepherd, J. A., Ng, B. K., Sommer, M. J., & Heymsfield, S. B. (2017). Body composition by DXA. *Bone*, *104*, 101-105. doi: 10.1016/j.bone.2017.06.010

- Sofi, F., Valecchi, D., Bacci, D., Abbate, R., Gensini, G. F., Casini, A., & Macchi, C. (2011). Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies. *Journal of internal medicine*, 269(1), 107-117.
- Song, D., Yu, D. S. F., Li, P. W. C., & Lei, Y. (2018). The effectiveness of physical exercise on cognitive and psychological outcomes in individuals with mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 79, 155-164. doi:10.1016/j.ijnurstu.2018.01.002
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R. J., & Paterson, D. H. (2004). Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *Journal of Applied Physiology*, 97(2), 781-789. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00447.2003>
- Stokin, G. B., Krell-Roesch, J., Petersen, R. C., & Geda, Y. E. (2015). Mild Neurocognitive Disorder: An Old Wine in a New Bottle. *Harvard Review of Psychiatry*, 23(5), 368-376. doi:10.1097/hrp.0000000000000084
- Strand, B. H., Cooper, R., Bergland, A., Jørgensen, L., Schirmer, H., Skirbekk, V., & Emaus, N. (2016). The association of grip strength from midlife onwards with all-cause and cause-specific mortality over 17 years of follow-up in the Tromsø Study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 70(12), 1214-1221.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Szabo, A. N., McAuley, E., Erickson, K. I., Voss, M., Prakash, R. S., Mailey, E. L., Wójcicki, T.R., White, S.M., Gothe, N., Olson, E.A., & Kramer, A. F. (2011). Cardiorespiratory fitness, hippocampal volume, and frequency of forgetting in older adults. *Neuropsychology*, 25(5), 545.

- Taylor, M. E., Lasschuit, D. A., Lord, S. R., Delbaere, K., Kurrle, S. E., Mikolaizak, A. S., Kvelde, T. & Close, J. C. (2017). Slow gait speed is associated with executive function decline in older people with mild to moderate dementia: a one-year longitudinal study. *Archives of gerontology and geriatrics*, 73, 148-153.
- Thompson, P. M., Andreassen, O. A., Arias-Vasquez, A., Bearden, C. E., Boedhoe, P. S., Brouwer, R. M., & Ye, J. (2017). ENIGMA and the individual: Predicting factors that affect the brain in 35 countries worldwide. *NeuroImage*, 145, 389-408. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.11.057>
- Universidad de Costa Rica. Centro Centroamericano de Población. (2020). II Informe estado de situación de la persona adulta mayor en Costa Rica.
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2010). Physical and motor fitness are both related to cognition in old age. *European Journal of Neuroscience*, 31(1), 167-176.
- Voelcker-Rehage, C., Niemann, C. & Godde, B. (2016). En Exercise-cognition interaction: neuroscience perspectives (pp. 295-320). Academic Press Inc.
- Voss, M. W., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Chaddock, L., Malkowski, E., Alves, H., Kim, J.S., Morris, K.S., White, S.M., Wójcicki, T.R., Hu, L., Szabo, A., Klamm, E., McAuley, E. & Kramer, A.F. (2010). Functional connectivity: a source of variance in the association between cardiorespiratory fitness and cognition? *Neuropsychologia*, 48(5), 1394-1406.
- Wahlin, Å., MacDonald, S. W., de Frias, C. M., Nilsson, L. G., & Dixon, R. A. (2006). How do health and biological age influence chronological age and sex differences in cognitive aging: moderating, mediating, or both? *Psychology and aging*, 21(2), 318.

- Wechsler, D. (1997). *Administration and scoring manual: Wechsler Adult Intelligence Scale*. San Antonio, TX: Harcourt Brace.
- Wu, Z., Phyo, A. Z. Z., Al-Harbi, T., Woods, R. L., & Ryan, J. (2020). Distinct Cognitive Trajectories in Late Life and Associated Predictors and Outcomes: A Systematic Review. *Journal of Alzheimer's disease reports*, (Preprint), 1-20.
- Yaffe, K., Peltz, C. B., Ewing, S. K., McCulloch, C. E., Cummings, S. R., Cauley, J. A., Hillier, T. A. & Ensrud, K. E. (2016). Long-term cognitive trajectories and mortality in older women. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 71(8), 1074-1080. <https://doi.org/10.1093/gerona/glw003>
- Young, J., Angevaren, M., Rusted, J., & Tabet, N. (2015). Aerobic exercise to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (4), CD005381. doi:10.1002/14651858.CD005381.pub4
- Yu, X. W., Oh, M. M., & Disterhoft, J. F. (2017). CREB, cellular excitability, and cognition: Implications for aging. *Behavioural brain research*, 322, 206-211. doi:10.1016/j.bbr.2016.07.042
- Zheng, G., Xia, R., Zhou, W., Tao, J., & Chen, L. (2016). Aerobic exercise ameliorates cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 50(23), 1443-1450. doi:10.1136/bjsports-2015-095699

## X. Anexos

### Anexo 1: Aprobación de protocolo



01 de agosto de 2016  
VI-5125-2016

Dr. José Moncada Jiménez  
Investigador  
CIMO HU

Estimado señor:

El Comité Ético Científico (CEC) en su sesión N° 15, celebrada el 15 de junio del presente año revisó el Proyecto de Investigación titulado *"Comparación del envejecimiento físico y cognitivo en personas de los Estados Unidos de América y de Costa Rica"*.

Después del análisis respectivo el CEC indica que el proyecto está claro y bien elaborado.

Por lo anteriormente expuesto, el CEC acuerda:

*Aprobar la ejecución del Proyecto de Investigación titulado "Comparación del envejecimiento físico y cognitivo en personas de los Estados Unidos de América y de Costa Rica", del investigador José Moncada Jiménez. Acuerdo Firme.*

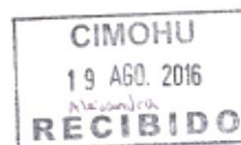
Sin más por el momento, se suscribe cordialmente,

M.Sc. Afonso Chacón Mata  
Presidente CEC UCR



ACHZ/gchz

C.c. M.Sc. Fabián Herrera, Gestor de Proyectos VI.  
Archivo/consecutivo.



## Anexo 2: Formulario de Consentimiento Informado



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN**  
**COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO**  
 Teléfonos: (506) 2511-4201 Telefax: (506) 2224-9367

Centro de Investigación en Ciencias del  
 Movimiento Humano - CIMOHU -

*CIMOHU*

**FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**  
 (Para ser sujeto de investigación)

**Comparación del envejecimiento físico y cognitivo**  
**en personas de los Estados Unidos de América y de Costa Rica**

Código (o número) de proyecto: \_\_\_\_\_

Nombre del Investigador Principal: Dr. José Moncada Jiménez

Nombre de los investigadores asociados: Dr. Amber Watts, Mag. Yamileth Chacón Araya, Dra. Mónica Salazar Villanca, Dr. Fernando Coto Yglesias, Dr. Eric Vidoni, Dr. David K. Johnson, Dr. Mauricio Garnier Villarreal, Dra. Sandra Billinger.

Nombre del participante: \_\_\_\_\_

**A. PROPÓSITO DEL PROYECTO:** Hola. Descamos informarle de qué se trata el estudio y por qué nos interesa que usted participe. El objetivo del proyecto es comparar su condición física y otros indicadores de su salud con personas de edad similar de la provincia de Kansas, en los Estados Unidos. Si usted acepta participar, le vamos a solicitar que llene varios cuestionarios que nos ayudarán a conocer su salud mental y también le vamos a medir su condición física, que incluye medir la cantidad de grasa y músculo de su cuerpo.

**B. ¿QUÉ SE HARÁ?:** Si usted decide participar, se le pedirá que se presente al Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, ubicado en la Escuela de Educación Física y Deportes de la UCR, carretera a Sabanilla de Montes de Oca, en San José.

Una vez que la recibamos en la oficina, le solicitaremos responder varios cuestionarios impresos en papel. Le proporcionaremos un lápiz para que usted los pueda llenar. Con la información que nos proporcione, podremos saber si es apropiado que usted haga las pruebas físicas o no, pues nos interesa su seguridad. Esta evaluación la hará una doctora en medicina para su tranquilidad.

Si verificamos que usted puede participar en el estudio, le pediremos que se quite los zapatos, para medir su estatura y su peso en una báscula. Luego, le ayudaremos a colocarse acostada, boca arriba, en una camilla especial para poder conocer la cantidad de grasa y de músculos que tiene usted, así como la salud de sus huesos. Este procedimiento tal vez usted lo conoce como una densitometría, que es una prueba que se le recomienda a muchos adultos mayores para conocer la salud de sus huesos.

Comité Ético Científico  
 Universidad de Costa Rica



*Joheline García Tallo*



Luego le pondremos unos electrodos en el pecho para medir los latidos de su corazón, y le pediremos que camine sobre una banda sin fin o caminadora. Poco a poco iremos aumentando el grado de dificultad para obtener su mayor esfuerzo, hasta que usted ya no quiera seguir caminando o que nuestro equipo, que incluye un médico y un científico del movimiento humano, indiquen que se debe detener.

Posteriormente, para medir la fuerza de sus brazos, le daremos un aparato que cabe en su mano y le pediremos que lo apriete con la mayor fuerza posible.

Luego, le pediremos que se siente en una silla, en donde le pondremos un cordón en su tobillo y le pediremos que extienda su pierna todo lo que pueda. Así mediremos la fuerza de sus piernas.

Después, le pediremos que se siente en una silla y que se levante y se siente 5 veces lo más rápido posible. Al finalizar esa prueba, le pediremos que camine, ida y vuelta, una distancia de 15 metros. Al regresar, le pediremos que se quede de pie, y le pediremos que extienda sus brazos al frente, y que cierre sus ojos. Con esta prueba mediremos su equilibrio.

Finalmente, le brindaremos un refrigerio que consiste de un refresco, galletas y una fruta y le pediremos que se quede con nosotros durante al menos 20 minutos para atender cualquier consulta que usted tenga con respecto a las pruebas realizadas.

### C. **RIESGOS:**

1. La participación en este estudio puede significar cierto riesgo o molestia para usted por lo siguiente:
  - a. Para saber la cantidad de grasa de su cuerpo, le haremos una radiografía que dura aproximadamente 6 minutos. La cantidad de radiación que se obtiene es similar a la de estar 2 horas al aire libre en un día soleado. Este procedimiento ya ha sido aprobado por el Comité Ético Científico de la UCR cuando hemos hecho otros estudios.
  - b. La prueba de esfuerzo conlleva un esfuerzo máximo, es decir, un esfuerzo muy grande. En esta prueba el riesgo de muerte es muy bajo, de aproximadamente 1 muerte por cada 20 mil pruebas (0.00005%) según estudios realizados en Estados Unidos. Las complicaciones son más frecuentes en hombres que en mujeres. Para reducir ese riesgo, nosotros primero le vamos a hacer una serie de preguntas y luego usted, junto con el médico, van a sentarse para ver si es posible o no que usted haga la prueba de esfuerzo. En caso de que pueda hacer la prueba, nosotros también contaremos con un equipo de resucitación nuevo, igual o mejor al que tienen en las salas de emergencias de los hospitales, así como al médico para que lo/la pueda atender. Además, contamos con el servicio de ambulancia de la UCR, la cual llamaríamos si fuera necesario.
  - c. Usted puede perder la privacidad de sus datos: para reducir los riesgos de que usted pierda privacidad de los datos que nos proporciona, toda la información de los cuestionarios será manejada confidencialmente por el investigador principal (José Moncada Jiménez). El investigador principal guardará toda su información en una base de datos en la cual no aparecerá su nombre, sino un código que la(o) identifique. Los datos serán digitados en una computadora de la que únicamente el Sr. Moncada tiene clave. Esos datos se analizarán estadísticamente para preparar

Comité Ético Científico  
Universidad de Costa Rica



*Jaceline García Talles*

un informe de investigación. En ningún caso su nombre aparecerá en algún documento ni se revelará a terceras personas.

- d. las pruebas de fuerza de manos y piernas, así como las de equilibrio, no presentan mayores riesgos, excepto el dolor muscular que ocurre al día siguiente o a los dos días siguientes de haber realizado el esfuerzo. Ese tipo de dolor es normal, especialmente cuando los músculos no se han usado por algún tiempo. El dolor generalmente desaparece después del tercer día.

- D. **BENEFICIOS:** Como resultado de su participación en este estudio, usted conocerá con el mejor método disponible cuál es la cantidad de grasa y músculo de su cuerpo, así como la salud de sus huesos. A esto se le llama densitometría ósea, y es un examen que los médicos le recomiendan a las personas mayores de 50 años. A la vez, conocerá cuál es su salud mental y cómo se compara con la de las personas de la provincia de Kansas, en Estados Unidos. También sabrá si su corazón responde de manera normal al ejercicio y conocerá su aptitud física. Finalmente, sabrá si los niveles de azúcar en su sangre son normales y si otros indicadores que encontremos en su sangre están dentro de los rangos normales.
- E. Antes de dar su autorización para este estudio usted debe haber hablado con el Dr. José Moncada Jiménez, y él debe haber contestado satisfactoriamente todas sus preguntas. Si quisiera más información más adelante, puede obtenerla llamando a José Moncada Jiménez al teléfono 2511-2909 en el horario de viernes de 1 a 5 p.m. Además, puede consultar sobre los derechos de los Sujetos Participantes en Proyectos de Investigación a la Dirección de Regulación de Salud del Ministerio de Salud, al teléfono 22-57-20-90, de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. Cualquier consulta adicional puede comunicarse a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica a los teléfonos 2511-4201 ó 2511-5839, de lunes a viernes de 8 a.m. a 5 p.m.
- F. Recibirá una copia de esta fórmula firmada para su uso personal.
- G. Su participación en este estudio es voluntaria. Tiene el derecho de negarse a participar o a discontinuar su participación en cualquier momento, sin que esta decisión afecte la calidad de la atención médica (o de otra índole) que requiere.
- H. Su participación en este estudio es confidencial, los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una reunión científica pero de una manera anónima.
- I. No perderá ningún derecho legal por firmar este documento.

Comité Ético Científico  
Universidad de Costa Rica



*Jackeline García Flores*

### CONSENTIMIENTO

He leído o se me ha leído, toda la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio

Nombre, cédula y firma del sujeto (niños mayores de 12 años y adultos) fecha

Nombre, cédula y firma del testigo fecha

Nombre, cédula y firma del Investigador que solicita el consentimiento fecha

NUEVA VERSIÓN FCI – APROBADO EN SESION DEL COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO (CEC) NO. 149 REALIZADA EL 4 DE JUNIO DE 2008.  
CELM-Form.Consent-Form 06-08

Comité Ético Científico  
Universidad de Costa Rica



*Jackeline Jarcía Talles*

### **Anexo 3: Análisis Factorial Exploratorio**

#### *Análisis Factorial Exploratorio: Batería de pruebas físicas*

En el análisis factorial exploratorio fueron incluidos 12 indicadores:

1. Silla\_Levantar
2. Flexión\_codo
3. Pasos
4. Flex\_tronco
5. Flex\_espalda
6. TUG
7. Caminata\_seism
8. Prension\_manual
9. ConsumoOx\_pico
10. Libre\_Grasa
11. Altura
12. Peso

Se utilizó el método de extracción de factores de Máxima Verosimilitud y el método de rotación Promax con el programa SPSS.

### Análisis Exploratorio 1

**Tabla 16.** Comunalidades Análisis Exploratorio 1 para batería de pruebas físicas con 12 indicadores.

	Inicial	Extracción
Flexión_codo	.429	.497
<b>Flex_espalda</b>	.306	<b>.230*</b>
Silla_Levantar	.550	.607
Libre_Grasa	.649	.765
Prension_manual	.613	.658
Altura	.445	.424
Caminata_seism	.534	.512
Pasos	.356	.354
<b>Flex_tronco</b>	<b>.152*</b>	<b>.123*</b>
TUG	.530	.532
ConsumoOx_pico	.468	.442
Peso	.637	.999

Se han encontrado una o más estimaciones de comunalidad mayores que 1 durante las iteraciones. La solución resultante se debe interpretar con precaución.

\*Comunalidades <.3.

**Tabla 17.** Matriz de Patrón Análisis Exploratorio 1 para batería de pruebas físicas con 12 indicadores.

	Factor		
	1	2	3
Flexión_codo		.732	
Flex_espalda			<b>-.467*</b>
Silla_Levantar		.713	
Libre_Grasa	.926		
Prension_manual	.636		<b>.427</b>
<b>Altura</b>	<b>.402*</b>		<b>.482*</b>
Caminata_seism	.562		
Pasos		.599	
<b>Trunk_flex*</b>			
TUG		.573	
ConsumoOx_pico	.507		
<b>Peso</b>			<b>1.013*</b>

La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

\*Cargas factoriales < .5 o > 1.

Con base en los criterios de comunalidades menores a .3 y cargas factoriales menores a .5 o mayores a 1, se decide eliminar los indicadores Altura, Peso y Flex\_tronco.

### Análisis Exploratorio 2

**Tabla 18.** Comunalidades Análisis Exploratorio 2 para batería de pruebas físicas con 9 indicadores.

	Inicial	Extracción
Flexión_codo	.420	.999
<b>Flex_espalda</b>	<b>.114*</b>	<b>.099*</b>
Silla_Levantar	.512	.541
Libre_Grasa	.425	.490
Prension_manual	.427	.623
Caminata_seism	.530	.587
Pasos	.352	.360
TUG	.506	.714
ConsumoOx_pico	.446	.445

Se han encontrado una o más estimaciones de comunalidad mayores que 1 durante las iteraciones. La solución resultante se debe interpretar con precaución.

\*Comunalidades <.3.

**Tabla 19.** Matriz de Patrón Análisis Exploratorio 2 para batería de pruebas físicas con 9 indicadores.

	Factor		
	1	2	3
Flexión_codo		<b>1.111*</b>	
<b>Flex_espalda</b>			<b>.386*</b>
<b>Silla_Levantar</b>		<b>.416*</b>	<b>.300*</b>
Libre_Grasa	.745		
Prension_manual	.907		-.423
Caminata_seism	.733		
<b>Pasos</b>		<b>.313*</b>	<b>.384*</b>
TUG			.659
ConsumoOx_pico	.604		

La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

\*Cargas factoriales < .5 o > 1.

Con base en los criterios de comunalidades menores a .3 y cargas factoriales menores a .5 o mayores a 1, se decide eliminar la variable Flex\_espalda.

### Análisis Exploratorio 3

**Tabla 20.** Comunalidades Análisis Exploratorio 3 para batería de pruebas físicas con 8 indicadores.

	Inicial	Extracción
Flexión_codo	.420	.478
Silla_Levantar	.511	.621
Libre_Grasa	.425	.494
Prension_manual	.377	.464
Caminata_seism	.517	.609
Pasos	.352	.369
TUG	.499	.529
ConsumoOx_pico	.446	.480

**Tabla 21.** Matriz de Patrón Análisis Exploratorio 3 para batería de pruebas físicas con 8 indicadores

	Factor	
	1	2
Flexión_codo		.742
Silla_Levantar		.775
Libre_Grasa	.722	
Prension_manual	.765	
Caminata_seism	.735	
Pasos		.654
TUG		.566
ConsumoOx_pico	.604	

La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

A partir del análisis factorial exploratorio de la batería de pruebas físicas surgen dos factores:

1. **Aptitud Física relacionada con Salud:** Libre\_grasa, Prension\_manual, Caminata\_seism y ConsumoOxpico.
2. **Aptitud Física Funcional:** Flexión\_codo con peso, Silla\_Levantar, Pasos y TUG.

*Análisis Factorial Exploratorio: Batería de pruebas cognitivas*

En el análisis factorial exploratorio fueron incluidos 25 indicadores:

1. Boston
2. Tachar
3. Digitos\_Inversos
4. Dígitos\_Directos
5. MemLog\_Ret
6. Patrones
7. Dibujos\_ident
8. MemLog
9. Secuencia
10. MMSE
11. SRT\_clavesuno
12. SRT\_clavesdos
13. SRT\_clavestres
14. SRT\_libreuno
15. SRT\_libredos
16. SRT\_libretres
17. Stroop\_color
18. Stroop\_lectura
19. Stroop\_interf
20. TMT\_A
21. TMT\_B
22. FluidezVerb\_ani
23. FluidezVerb\_veg
24. Bloques
25. Sust\_digitos

Se utilizó el método de extracción de factores de Factorización de Eje Principal y el método de rotación Promax con el programa SPSS.



### Análisis Exploratorio 1

**Tabla 22.** Comunalidades Análisis Exploratorio 1 para batería de pruebas neuropsicológicas con 25 indicadores.

	Inicial	Extracción
Boston	.515	.411
<b>Cross_off</b>	<b>.259*</b>	<b>.278*</b>
<b>Digitos_inversos</b>	<b>.222*</b>	<b>.075*</b>
<b>Digitos_directos</b>	<b>.138*</b>	<b>.113*</b>
MemLog_ret	.695	.726
Patrones	.535	.577
Dibujos_ident	.495	.439
MemLog	.679	.846
Secuencia*	.254*	.234*
MMSE	.349	.267
SRT_clavesuno	.973	.945
SRT_clavesdos	.974	.966
SRT_clavestres	.959	.998
SRT_libreuno	.975	.999
SRT_libredos	.975	.998
SRT_libretres	.959	.931
Stroop_color	.530	.561
Stroop_interf	.449	.452
Stroop_lectura	.485	.717
TMT_A	.318	.295
TMT_B	.410	.371
FluidezVerb_ani	.355	.426
FluidezVerb_veg	.311	.390
Block	.515	.614
Sust_digitos	.615	.697

Método de extracción: factorización de eje principal.

\*Comunalidades <.3.

**Tabla 23.** Matriz de Patrón Análisis Exploratorio 1 para batería de pruebas neuropsicológicas con 25 indicadores.

	Factor						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Boston*</b>							
<b>Tachar *</b>						<b>.330*</b>	<b>-.338*</b>
<b>Digitos_inversos*</b>							
<b>Digitos_directos*</b>							
MemLog_Ret				.819			
Patrones	.806						
Dibujos_ident	.510						
MemLog				.965			
Secuencia	.382						
<b>MMSE*</b>							
SRT_clavesuno		-.977					
SRT_clavesdos					-.980		
SRT_clavestres			-1.025				
SRT_libreuno		1.000					
SRT_libredos					.962		
SRT_libretres			.938				
Stroop_color						.701	
Stroop_interf	.499						
Stroop_lectura						.933	
TMT_A	.478						
TMT_B	.593						
FluidezVerb_ani							.500
FluidezVerb_veg							.565
Bloques	.921						
Sust_digitos	.760						

Método de extracción: factorización de eje principal.

Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

\*Cargas factoriales < .5

Con base en los criterios de comunalidades menores a .3 y cargas factoriales menores a .5 o mayores a 1, se decide eliminar los indicadores BOSTON, Tachar, Digitos\_inversos, Digitos\_directos y MMSE.

## Análisis Exploratorio 2

**Tabla 24.** Comunalidades Análisis Exploratorio 2 para batería de pruebas neuropsicológicas con 20 indicadores.

	Inicial	Extracción
MemLog_Ret	.691	.767
Patrones	.529	.596
Dibujos_ident	.467	.444
MemLog	.661	.772
<b>Secuencia *</b>	<b>.245*</b>	<b>.221*</b>
SRT_clavesuno	.971	.977
SRT_clavesdos	.974	.655
SRT_clavetres	.957	.784
SRT_libreuno	.972	.988
SRT_libredos	.975	.706
SRT_libretres	.957	.828
Stroop_color	.519	.706
Stroop_interf	.442	.452
Stroop_lectura	.432	.547
TMT_A	.313	.300
TMT_B	.347	.339
FluidezVerb_ani	.320	.269
<b>FluidezVerb_veg*</b>	<b>.268*</b>	<b>.156*</b>
Bloques	.504	.623
Sust_digitos	.582	.634

Método de extracción: factorización de eje principal.

\*Comunalidades <.3.

**Tabla 25.** Matriz de Patrón Análisis Exploratorio 2 para batería de pruebas neuropsicológicas con 20 indicadores.

	Factor				
	1	2	3	4	5
MemLog_Ret				.844	
Patrones	.818				
Dibujos_ident	.528				
MemLog				.908	
<b>Secuencia *</b>	<b>.368*</b>				
<b>SRT_clavesuno*</b>			<b>-.972*</b>		
<b>SRT_clavesdos*</b>		<b>-.663*</b>			
<b>SRT_clavestres*</b>		<b>-.942*</b>			
SRT_libreuno			.956		
SRT_libredos		.683			
SRT_libretres		.976			
Stroop_color					.810
Stroop_interf	.500				
Stroop_lectura					.765
TMT_A	.482				
TMT_B	.555				
<b>FluidezVerb_ani*</b>		<b>.414*</b>			
<b>FluidezVerb_veg*</b>		<b>.330*</b>			
Bloques	.903				
Sust_digitos	.738				

Método de extracción: factorización de eje principal.

Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

Con base en los criterios de comunalidades menores a .3 y cargas factoriales menores a .5 o mayores a 1, se decide eliminar los indicadores Secuencia, SRT\_cued1, SRT\_cued2, SRT\_cued3, FluidezVerb\_ani y FluidezVerb\_veg.

### Análisis Exploratorio 3

**Tabla 26.** Comunalidades Análisis Exploratorio 3 para batería de pruebas neuropsicológicas con 14 indicadores.

	Inicial	Extracción
MemLog_Ret	.672	.776
Patrones	.515	.604
Dibujos_ident	.443	.446
MemLog	.647	.832
SRT_libreuno	.343	.389
SRT_libredos	.533	.665
SRT_libretres	.444	.619
Stroop_color	.491	.700
Stroop_interf	.425	.442
Stroop_lectura	.423	.566
<b>TMT_A*</b>	<b>.292*</b>	<b>.295*</b>
TMT_B	.317	.318
Bloques	.485	.609
Sust_digitos	.565	.639

Método de extracción: factorización de eje principal.

\*Comunalidades <.3.

**Tabla 27.** Matriz de Patrón Análisis Exploratorio 3 para batería de pruebas neuropsicológicas con 14 indicadores.

	Factor			
	1	2	3	4
MemLog_Ret			.837	
Patrones	.818			
Dibujos_ident	.534			
MemLog			.954	
SRT_libreuno		.629		
SRT_libredos		.752		
SRT_libretres		.841		
Stroop_color				.818
Stroop_interf	.499			
Stroop_lectura				.782
TMT_A	.487			
TMT_B	.536			
Bloques	.885			
Sust_digitos	.728			

Método de extracción: factorización de eje principal.

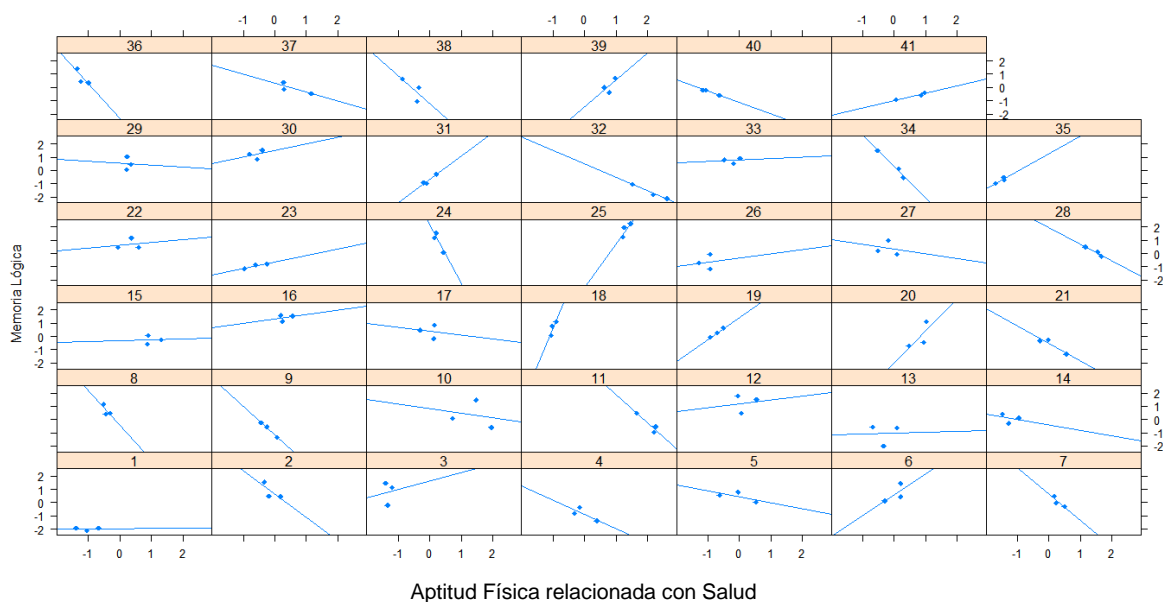
Método de rotación: Promax con normalización Kaiser.

La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

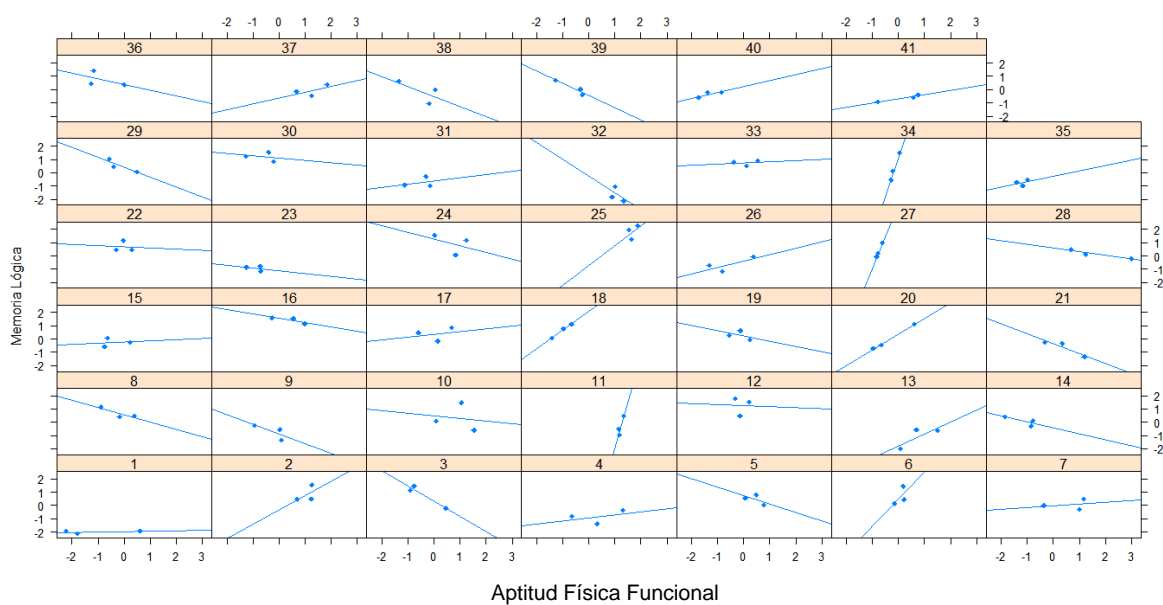
A partir del análisis factorial exploratorio surgen cuatro factores:

1. **Funcionamiento Ejecutivo:** Patrones, Dibujos\_ident, Stroop\_interf, TMT\_A, TMT\_B, Bloques y Sust\_digitos
2. **Memoria Verbal:** SRT\_libreuno, SRT\_libredos y SRT\_libretres
3. **Memoria Lógica:** MemLog\_Ret y MemLog.
4. **Denominación y Lectura:** Stroop\_color y Stroop\_lectura

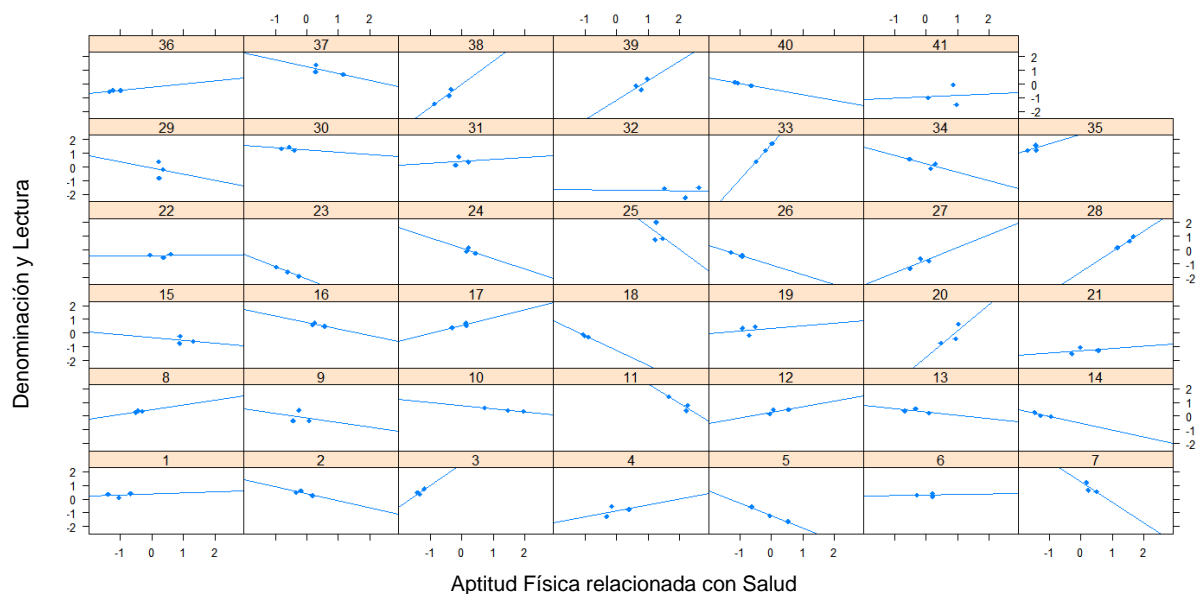
#### Anexo 4: Figuras de relación entre factores físicos y cognitivos



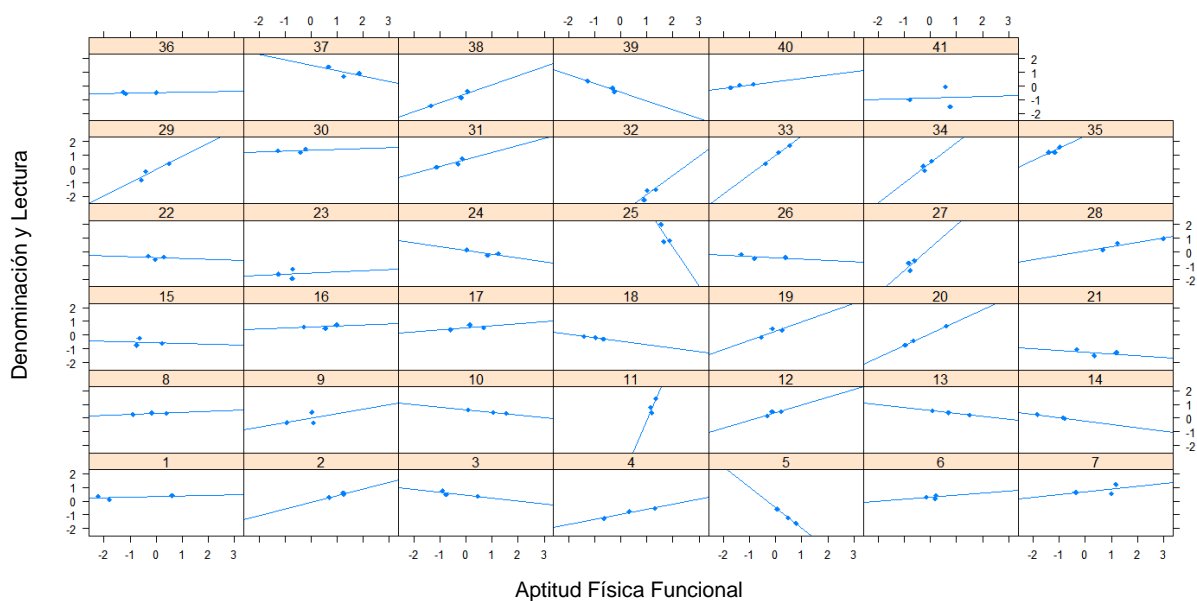
**Figura 25.** Relación entre Memoria Lógica y Aptitud Física relacionada con Salud.



**Figura 26.** Relación entre Memoria Lógica y Aptitud Física Funcional.



**Figura 27.** Relación entre Denominación y Lectura y Aptitud Física relacionada con Salud.



**Figura 28.** Relación entre Denominación y Lectura y Aptitud Física Funcional.



### Anexo 5: Resultados detallados del Modelo 1.

#### Funcionamiento Ejecutivo ~ Sexo + Aptitud Física Funcional + Sexo\*Aptitud Física Funcional

**Tabla 28.** Resumen Modelo 1 Funcionamiento Ejecutivo.

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor $t$	$Pr(> t )$	IC
Intercepto	-0.251	0.188	-1.330	0.187	-0.626, 0.124
Aptitud Física Funcional	0.671	0.205	3.280	0.001**	0.265, 1.077
Femenino	0.164	0.221	0.741	0.461	-0.265, 0.603
Aptitud Funcional:Femenino	-0.531	0.246	-2.159	0.033*	-1.020, -0.046

\* <0.05, \*\* <0.01

Error estándar residual: 0.9009 con 91 grados de libertad

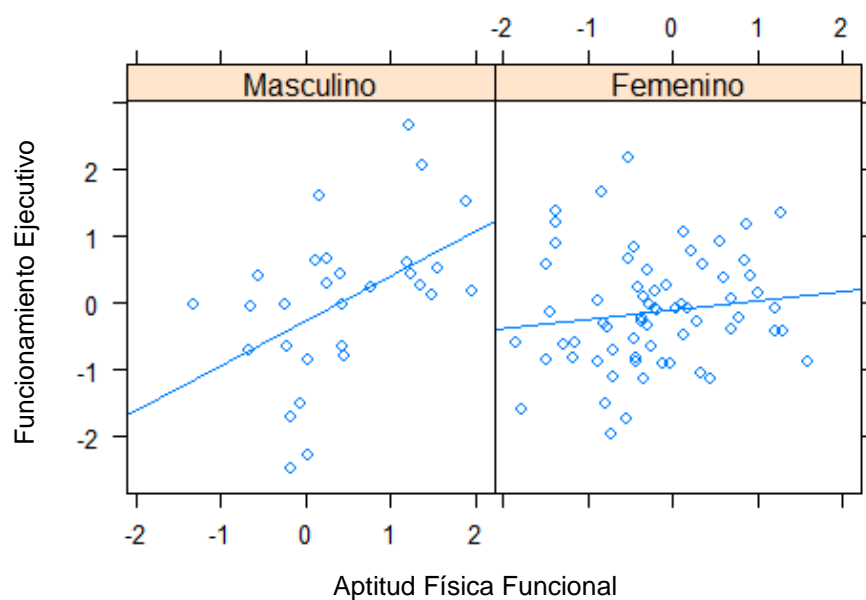
$R^2$  múltiple: 0.1198,  $R^2$  ajustada: 0.0908

F: 4.129 con 3 y 90 grados de libertad, valor  $p$ : 0.009

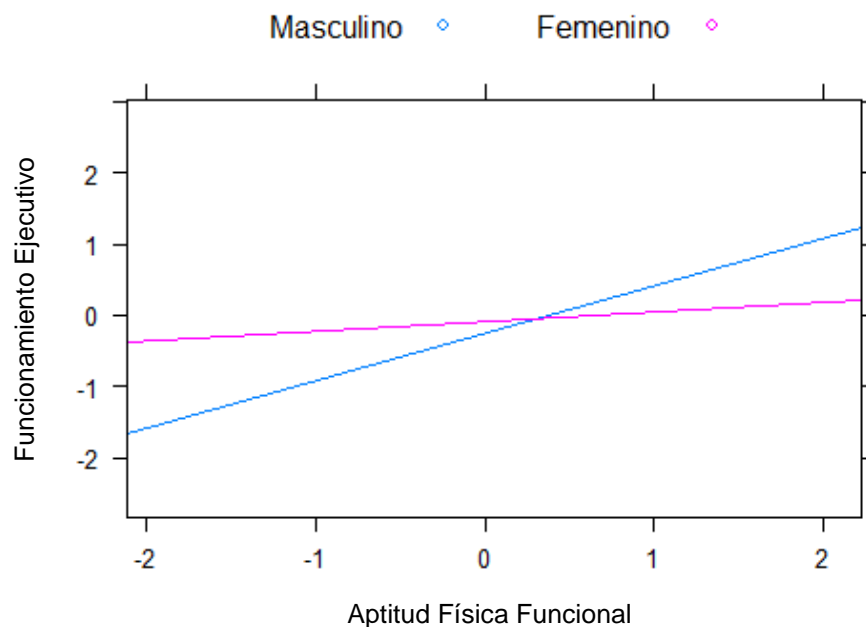
IC: Intervalo de confianza 95%.

**Tabla 29.** Intervalos de confianza de las pendientes Modelo 1 Funcionamiento Ejecutivo.

	Pendiente	Intervalo de Confianza 95%
Hombres	0.671	(0.265, 1.078)
Mujeres	0.140	(-0.935, 0.200)



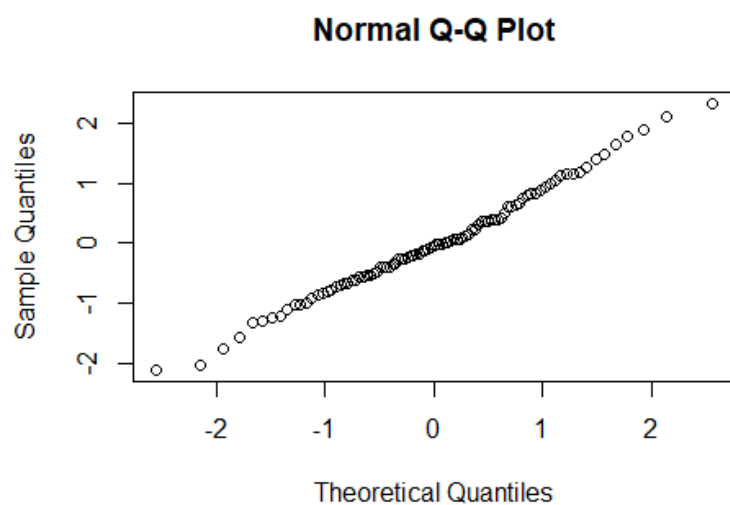
**Figura 29.** Gráfico de dispersión de la relación entre Aptitud Física Funcional y Funcionamiento Ejecutivo para hombres y mujeres.



**Figura 30.** Relación entre Aptitud Física Funcional y Funcionamiento Ejecutivo para hombres y mujeres.

## Comprobación de supuestos Modelo 1

### 1) Normalidad

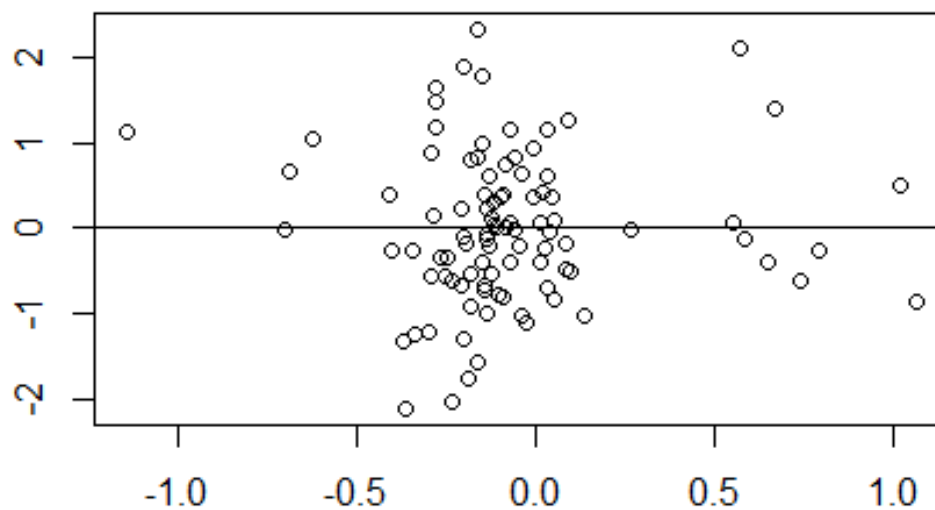


**Figura 31.** Relación entre muestra y distribución normal Modelo 1.

### 2) Homocedasticidad

**Tabla 30.** Prueba Breusch-Pagan Modelo 1

BP	Grados de libertad	Valor $p$
4.357	3	0.225



**Figura 32.** Gráfico de residuales y valores ajustados para Modelo 1.

3) No multicolinealidad

**Tabla 31.** Prueba VIF Modelo 1.

Sexo	Aptitud Física Funcional	Aptitud Física Funcional : Sexo
1.212	3.671	3.310

## Anexo 6: Resultados detallados del Modelo 2.

### Funcionamiento Ejecutivo ~ Sexo + Fuerza Presión + Sexo \* Fuerza Presión

**Tabla 32.** Resumen Modelo 2 Funcionamiento Ejecutivo.

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor $t$	$Pr(> t )$	IC
Intercepto	-1.890	0.751	-2.518	0.014*	-3.381, -0.399
Femenino	1.762	0.938	1.879	0.063	-0.100, 3.625
Fuerza Presión	0.056	0.021	2.635	0.009**	0.014, 0.098
Femenino : Fuerza Presión	-0.055	0.031	-1.768	0.080	-0.118, 0.007

\* <0.05, \*\*<0.01

Error estándar residual: 0.923 con 91 grados de libertad

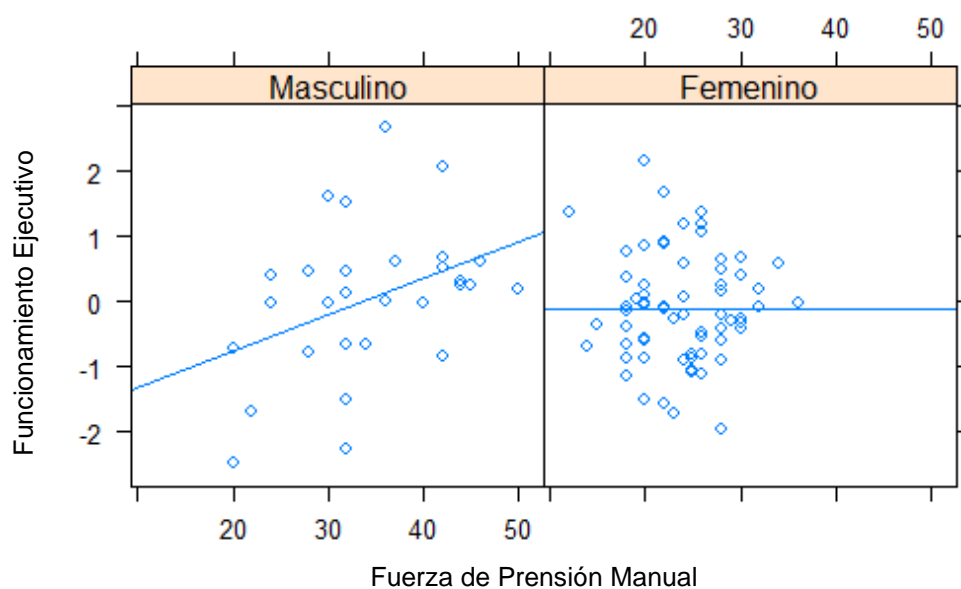
$R^2$  múltiple: 0.0761,  $R^2$  ajustada: 0.0457

F: 2.5 con 3 y 91 grados de libertad, valor  $p$ : 0.064

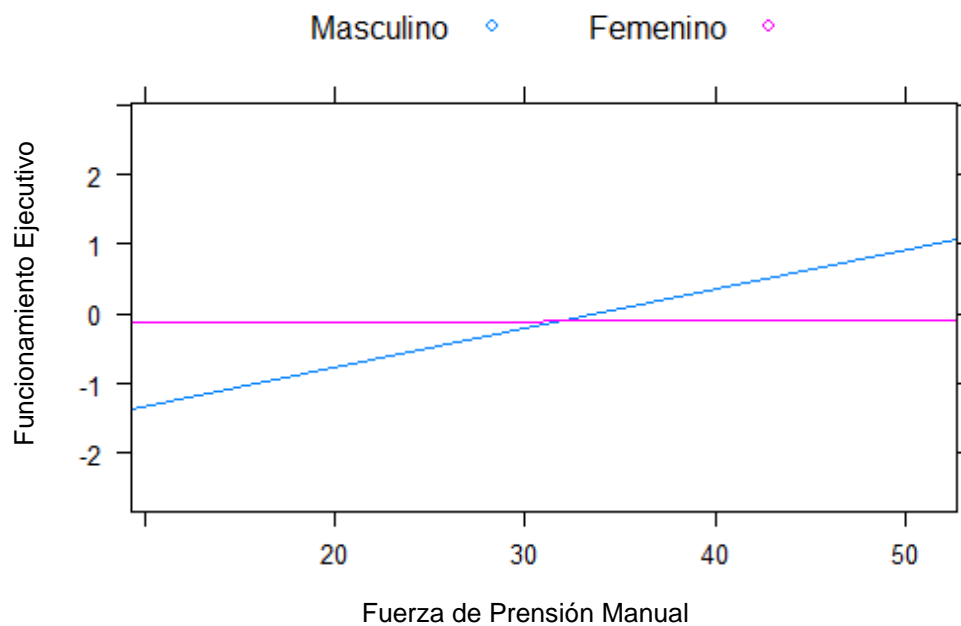
IC: Intervalo de confianza 95%.

**Tabla 33.** Intervalos de confianza de las pendientes Modelo 2 Funcionamiento Ejecutivo.

	Pendiente	Intervalo de Confianza
Hombres	0.057	(0.015, 0.099)
Mujeres	0.004	(-0.041, 0.049)



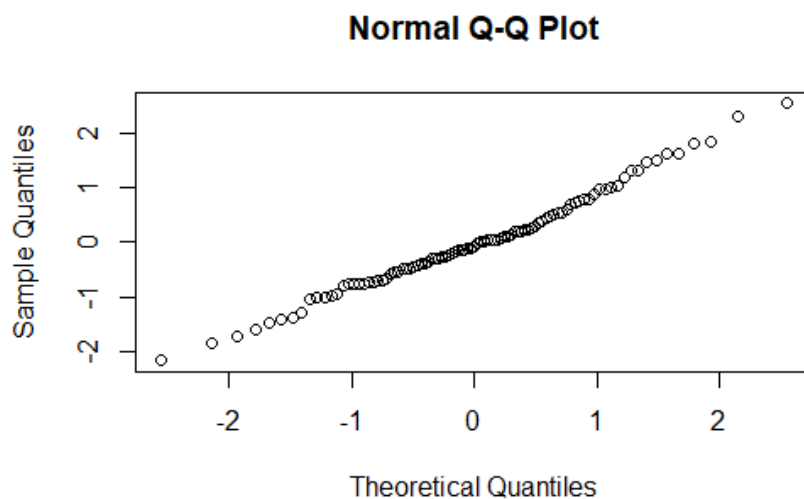
**Figura 33.** Gráfico de dispersión de la relación entre Fuerza de prensión manual y Funcionamiento Ejecutivo para hombres y mujeres.



**Figura 34.** Relación entre Fuerza de prensión manual y Funcionamiento Ejecutivo para hombres y mujeres.

## Comprobación de supuestos Modelo 2

### 1) Normalidad

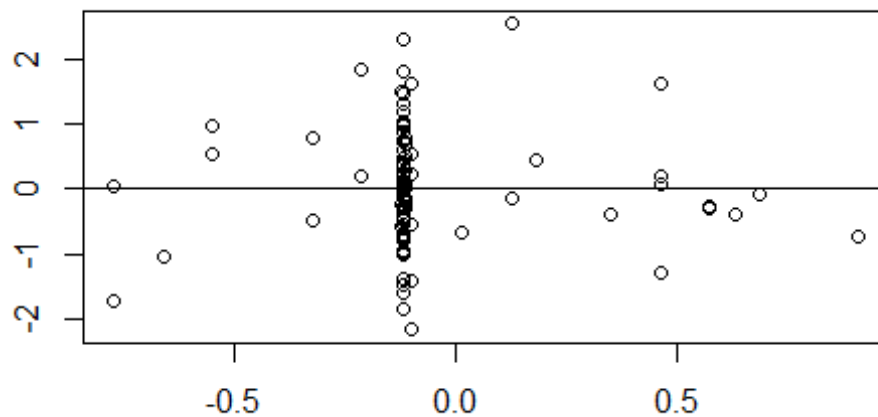


**Figura 35.** Relación entre muestra y distribución normal Modelo 2.

### 2) Homocedasticidad (Incumple)

**Tabla 34.** Prueba Breusch-Pagan Modelo 2.

BP	Grados de libertad	Valor $p$
4.688	3	0.196



**Figura 36.** Gráfico de residuales y valores ajustados para Modelo 2.

3) No multicolinealidad (incumple)

**Tabla 35.** Prueba VIF Modelo 2.

Sexo	Fuerza de Presión	Sexo : Fuerza de Presión
20.794	3.049	15.032



### Anexo 7: Resultados detallados del Modelo 3.

Se crearon dos modelos, separando cada factor físico:

#### Modelo 3a:

**Memoria Verbal ~ Edad + Sexo + Aptitud Física relacionada con Salud**

#### Modelo 3b:

**Memoria Verbal ~ Edad + Sexo + Aptitud Física Funcional + Sexo\*Aptitud Física Funcional**

**Tabla 36.** Resumen Modelo 3a Memoria Verbal.

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor $t$	$Pr(> t )$	IC
Intercepto	1.321	1.568	0.842	0.402	-1.795, 4.436
Edad	-0.030	0.022	-1.385	0.169	-0.073, 0.013
Femenino	0.840	0.272	3.086	0.003**	0.299, 1.382
Aptitud Física (salud)	0.235	0.137	1.719	0.089	-0.036, 0.506

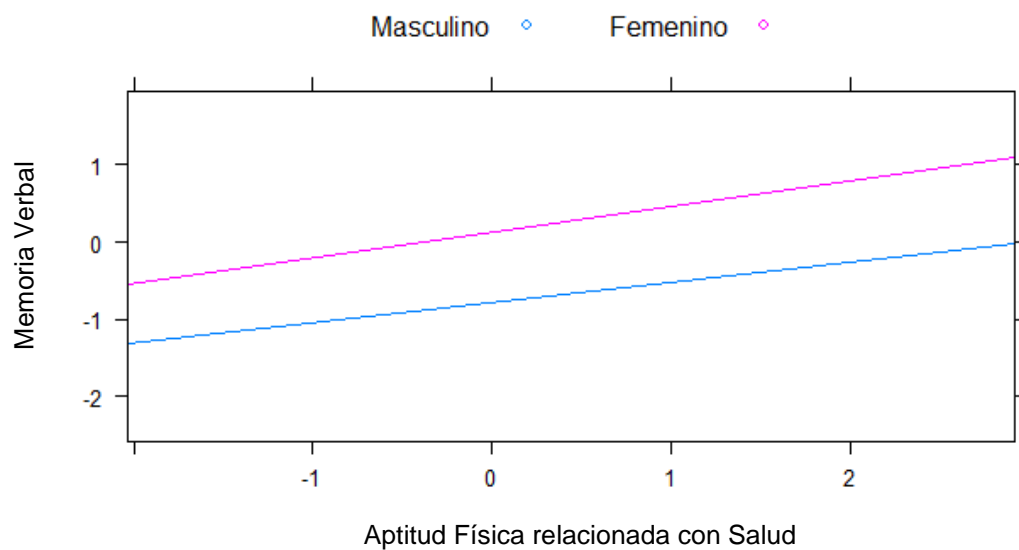
\*\* <0.01

Error estándar residual: 0.8853 con 91 grados de libertad

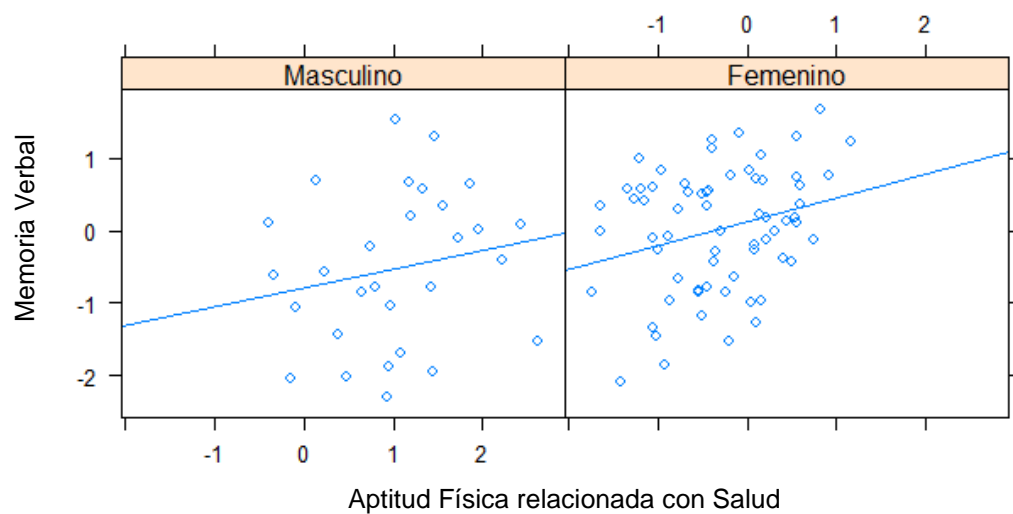
$R^2$  múltiple: 0.1443,  $R^2$  ajustada: 0.1161

F: 5.116 con 3 y 91 grados de libertad, valor  $p$ : 0.003

IC: Intervalo de confianza 95%.



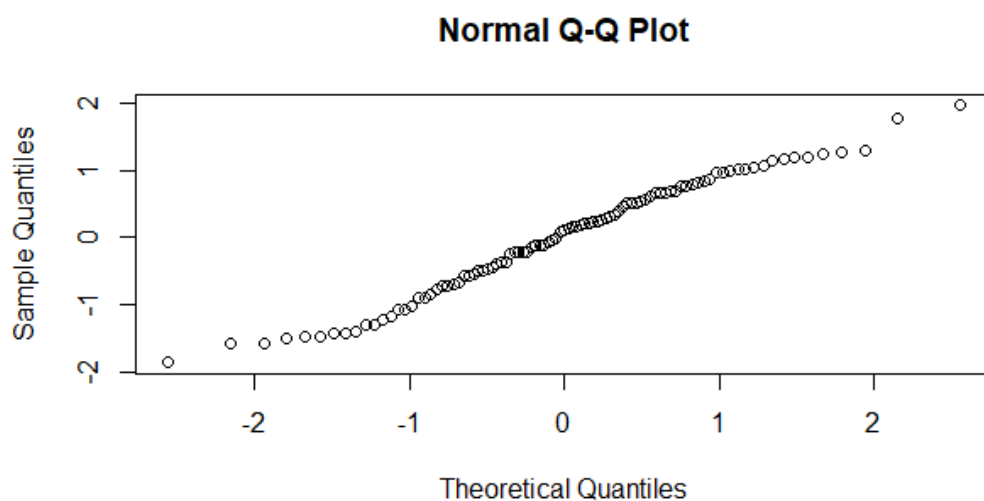
**Figura 37.** Relación entre Aptitud Física relacionada con Salud y Memoria Verbal para hombres y mujeres.



**Figura 38.** Gráfico de dispersión de la relación entre Aptitud Física relacionada con Salud y Memoria Verbal para hombres y mujeres.

### Comprobación de supuestos Modelo 3a

#### 1) Normalidad

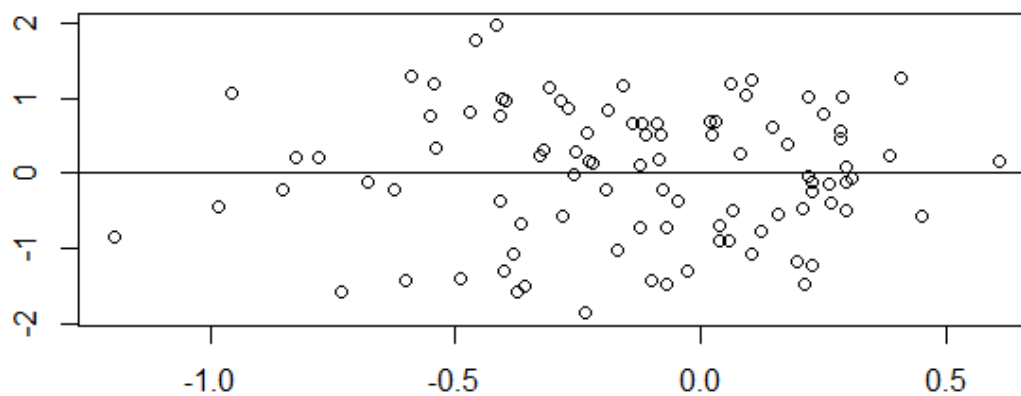


**Figura 39.** Relación entre muestra y distribución normal Modelo 3a.

#### 2) Homocedasticidad

**Tabla 37.** Prueba Breusch-Pagan Modelo 3

BP	Grados de libertad	Valor $p$
2.312	3	0.510



**Figura 40.** Gráfico de residuales y valores ajustados para Modelo 3a.

## 3) No Multicolinealidad

**Tabla 38.** Prueba VIF Modelo 3a

Edad	Sexo	Aptitud Física
1.167	1.907	2.021

**Tabla 39.** Resumen Modelo 3b Memoria Verbal.

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor $t$	$Pr(> t )$	IC
Intercepto	0.936	1.394	0.672	0.503	-1.833, 3.705
Edad	-0.025	0.020	-1.254	0.213	-0.064, 0.014
Femenino	0.852	0.208	4.089	9.48e-05***	0.438, 1.266
Aptitud Física Funcional	0.604	0.195	3.100	0.003**	0.217, 0.991
Femenino:Aptitud Funcional	-0.304	0.230	-1.321	0.190	-0.761, 0.153

\*\* <0.01, \*\*\*<0.001

Error estándar residual: 0.8393 con 90 grados de libertad

$R^2$  múltiple: 0.2395,  $R^2$  ajustada: 0.2057

F: 7.084 con 4 y 90 grados de libertad, valor  $p$ : 5.265e-05

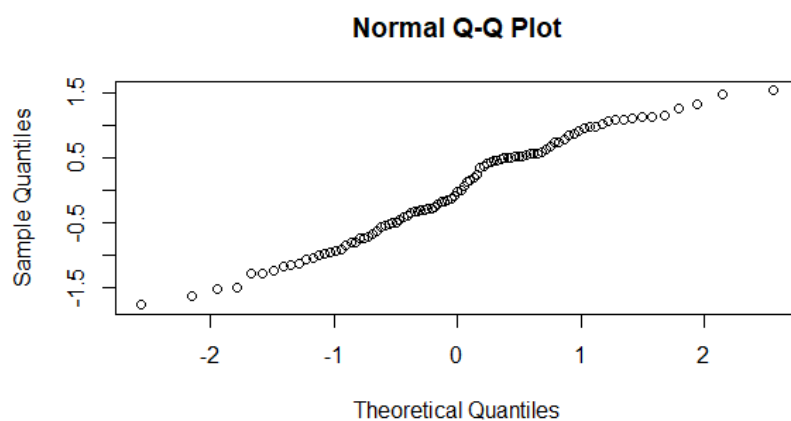
IC: Intervalo de confianza 95%.

**Tabla 40.** Intervalos de confianza de las pendientes Modelo 3b Memoria Verbal.

	Pendiente	Intervalo de Confianza
Hombres	0.604	(0.217, 0.990)
Mujeres	0.300	(0.043, 0.556)

### Comprobación de supuestos Modelo 3b

#### 1) Normalidad

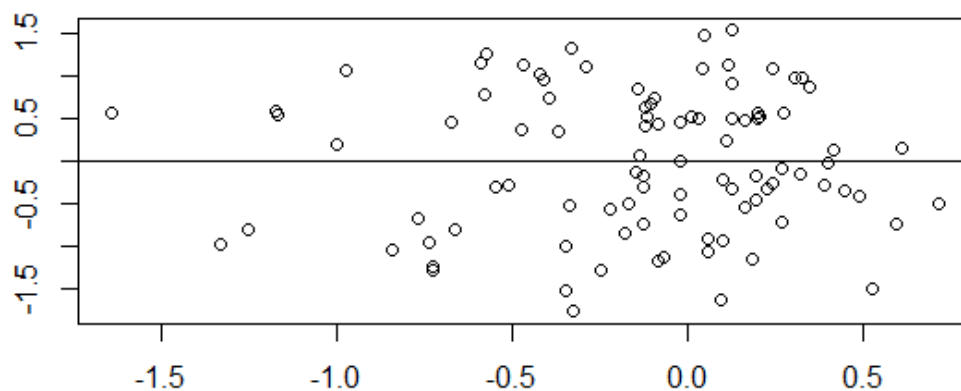


**Figura 41.** Relación entre muestra y distribución normal Modelo 3b.

#### 2) Homocedasticidad

**Tabla 41.** Prueba Breusch-Pagan Modelo 3b

BP	Grados de libertad	Valor $p$
1.942	4	0.746



**Figura 42.** Gráfico de residuales y valores ajustados para Modelo 3b

3) No Multicolinealidad

Tabla 42. Prueba VIF Modelo 3b

Edad	Sexo	Aptitud Física Funcional	Sexo:Aptitud Física Funcional
1.074	1.243	3.830	3.333

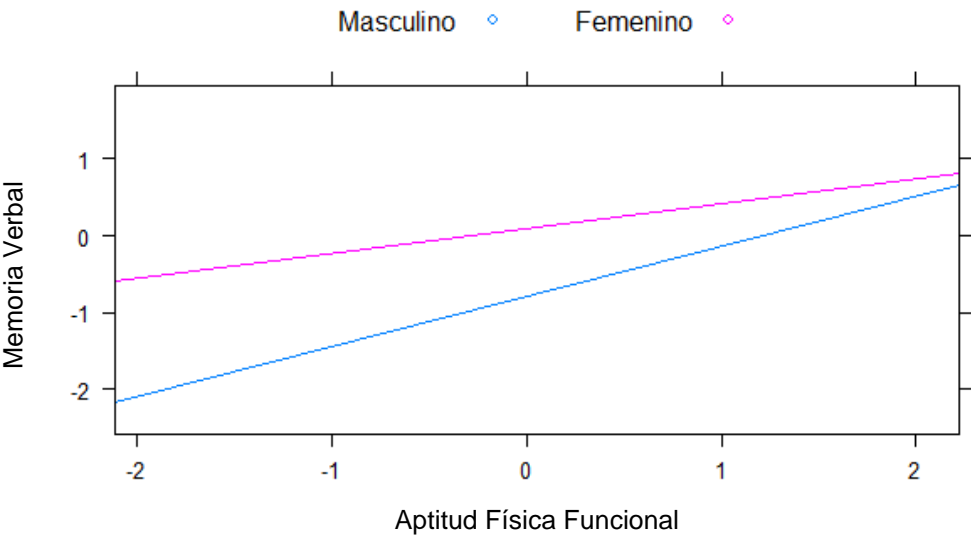


Figura 43. Relación entre Aptitud Física Funcional y Memoria Verbal para hombres y mujeres.

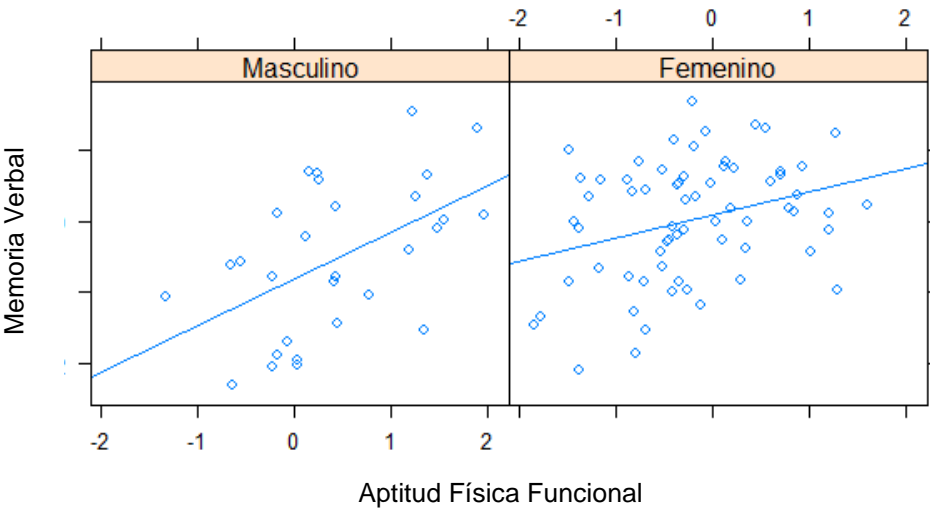


Figura 44. Gráfico de dispersión de la relación entre Aptitud Física Funcional y Memoria Verbal para hombres y mujeres.

### Anexo 8: Resultados detallados del Modelo 4.

Se crearon dos modelos, separando cada variable física:

#### Modelo 4a:

**Memoria Verbal ~ Edad + Sexo + Fuerza de prensión manual**

#### Modelo 4b:

**Memoria Verbal ~ Edad + Sexo + Consumo de oxígeno pico**

**Tabla 43.** Resumen Modelo 4a Memoria Verbal

Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor $t$	$Pr(> t )$	IC
Intercepto	3.069	1.766	1.738	0.086	-0.438, 6.577
Edad	-0.047	0.022	-2.207	0.030*	-0.090, -0.005
Femenino	0.427	0.267	1.603	0.112	-0.102, 0.957
Fuerza Prensión	-0.008	0.016	-0.516	0.607	-0.040, 0.024

\* <0.05

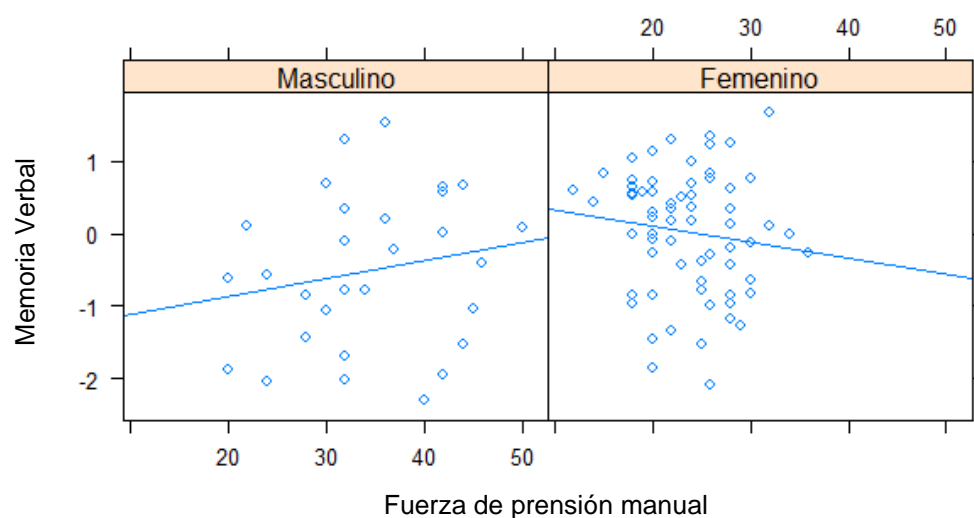
Error estándar residual: 0.8983 con 91 grados de libertad

$R^2$  múltiple: 0.1191,  $R^2$  ajustada: 0.0901

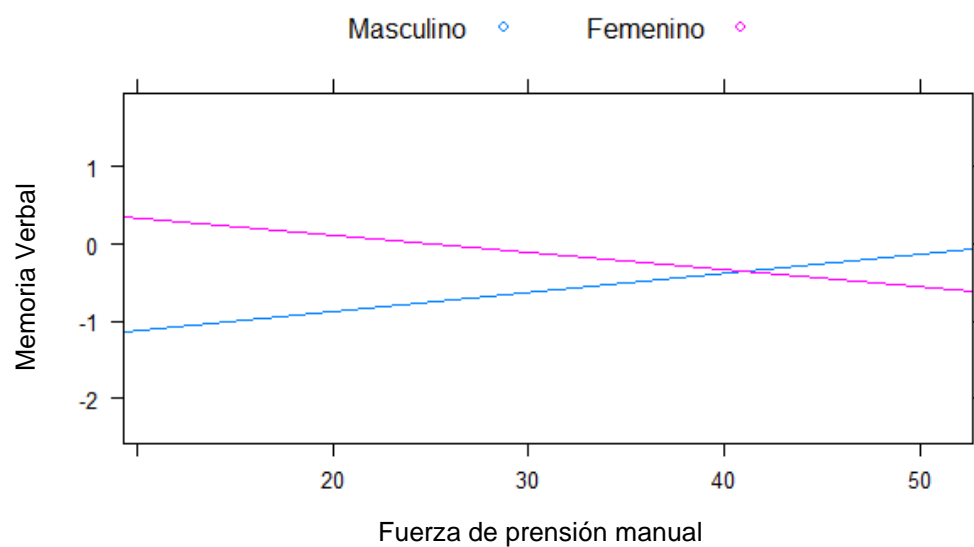
F: 4.101 con 3 y 91 grados de libertad, valor  $p$ : 0.009

IC: Intervalo de confianza 95%.





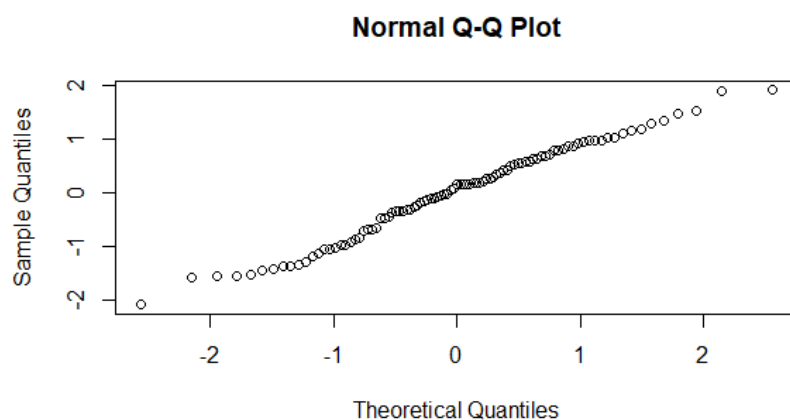
**Figura 45.** Gráfico de dispersión de la relación entre Fuerza de prensión manual y Memoria Verbal para hombres y mujeres.



**Figura 46.** Relación entre Fuerza de prensión manual y Memoria Verbal para hombres y mujeres.

### Comprobación de supuestos Modelo 4a

#### 1) Normalidad

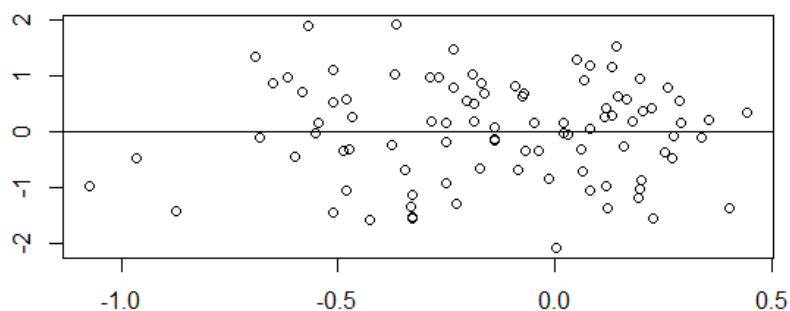


**Figura 47.** Relación entre muestra y distribución normal Modelo 4a.

#### 2) Homocedasticidad

**Tabla 44.** Prueba Breusch-Pagan Modelo 4a

BP	Grados de libertad	Valor $p$
1.691	3	0.639



**Figura 48.** Gráfico de residuales y valores ajustados para Modelo 4a.

#### 3) No Multicolinealidad

**Tabla 45.** Prueba VIF Modelo 4a

Edad	Sexo	Fuerza de prensión manual
1.125	1.775	1.856

**Tabla 46.** Resumen Modelo 4b Memoria Verbal.

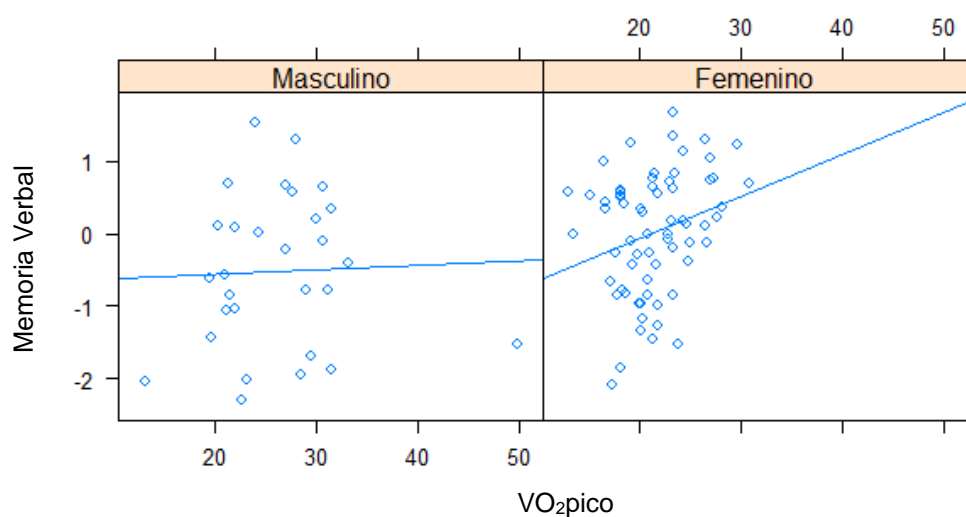
Coeficientes	Valor	Error estándar	Valor $t$	$Pr(> t )$	IC
Intercepto	1.696	1.729	0.981	0.329	-1.738, 5.130
Edad	-0.038	0.021	-1.799	0.075	-0.081, 0.004
Femenino	0.602	0.223	2.696	0.008*	0.158, 1.045
VO <sub>2</sub> pico	0.017	0.020	0.844	0.401	-0.023, 0.057

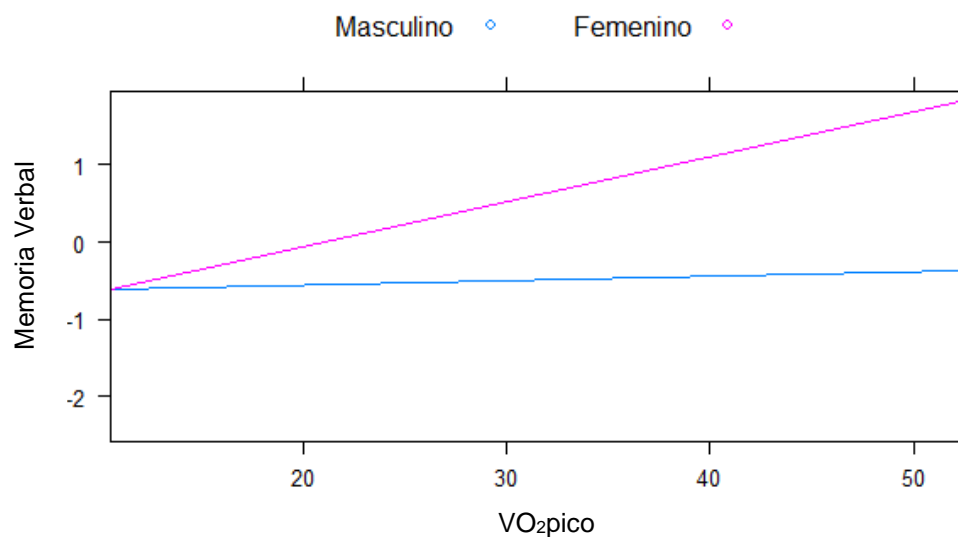
\* &lt;0.05

Error estándar residual: 0.8961 con 91 grados de libertad

R<sup>2</sup> múltiple: 0.1234, R<sup>2</sup> ajustada: 0.0945F: 4.27 con 3 y 91 grados de libertad, valor  $p$ : 0.007

IC: Intervalo de confianza 95%.

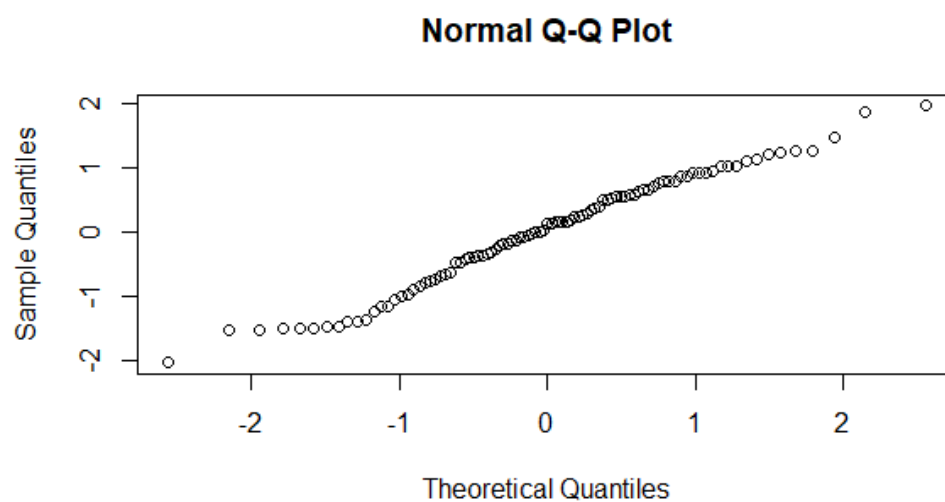
**Figura 49.** Gráfico de dispersión de la relación entre VO<sub>2</sub>pico y Memoria Verbal para hombres y mujeres.



**Figura 50.** Relación entre  $VO_{2pico}$  y Memoria Verbal para hombres y mujeres.

#### Comprobación de supuestos Modelo 4b

##### 1) Normalidad

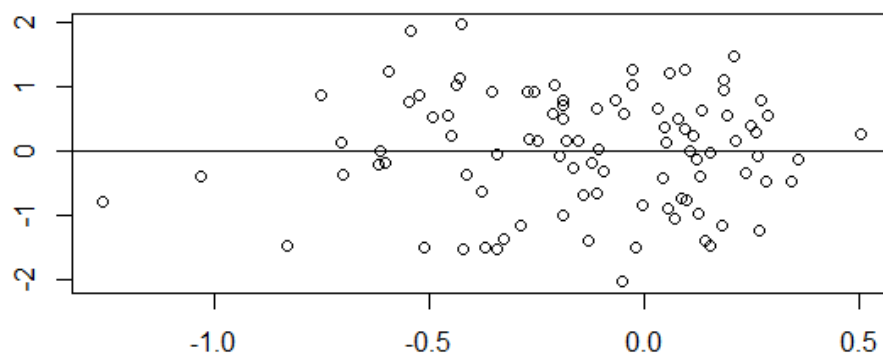


**Figura 51.** Relación entre muestra y distribución normal Modelo 4b

##### 2) Homocedasticidad

**Tabla 47.** Prueba Breusch-Pagan Modelo 4b

BP	Grados de libertad	Valor $p$
2.367	3	0.499



**Figura 52.** Gráfico de residuales y valores ajustados para Modelo 4b

### 3) No Multicolinealidad

**Tabla 48.** Prueba VIF Modelo 4b

Edad	Sexo	VO <sub>2</sub> pico
1.108	1.206	1.332

## Anexo 9. Producción académica durante el programa de posgrado

### Publicaciones en revistas científicas

1. Chacón-Araya, Y., Briceño-Torres, J. M., Peralta-Brenes, M., **Hernández-Gamboa, R.**, Johnson, D. K., Watts, A., Vidoni, E. D., Billinger, S. A., Salazar-Villanea, M., & Moncada-Jiménez, J. (2020). Predicting exertion from metabolic, physiological and cognitive variables in older adults. *Pensamiento Psicológico*, 18(2), 1-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.11144/Javerianacali.PPSI18-2.pemp>
2. **Hernández-Gamboa, R.** & Moncada-Jiménez, J. (2019). Acute Resistance Training Does Not Impair Cognitive Function in Costa Rican Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(5), s35.
3. Montero Herrera, B., **Hernández Gamboa, R.** y Moncada-Jiménez, J. (2018). Neuroplasticidad cerebral inducida por el ejercicio y rendimiento académico (Exercise-induced brain neuroplasticity and academic performance). *Tándem*, 62(4), 7-11.

### Manuscritos en preparación

1. Hernández-Gamboa, R. & Moncada-Jiménez, J. The effect of acute resistance training on cognitive function in Costa Rican older adults.
2. Hernández-Gamboa, R. & Moncada-Jiménez, J. Effect of resistance training on the executive functioning of older adults: a meta-analysis.
3. Hernández-Gamboa, R., Salazar-Villanea, M., Johnson, D. K., & Moncada-Jiménez, J. Attachment Theory Predicts Physical Activity in Costa Rican Older Adults.

### Presentaciones en reuniones profesionales

1. "Preliminary findings of the physical and cognitive functioning of Costa Rican older adults evaluated during 3 years". Pris-Seminar 2019. Faculty of Engineering, School of Electrical Engineering, University of Costa Rica. November 2019.
2. Workshop: "Implementation of a protocol for the functional evaluation of older adults". VII INTERNATIONAL CONGRESS, PHYSICAL EXERCISE AND HEALTH: "PHYSICAL ACTIVITY AND SPORTS FOR PEACE" and 2<sup>nd</sup> Regional Meeting of Academic Groups of Physical Education, Sports and Recreation Professionals. University of Sonora, Mexico. 2019.
3. "Longitudinal study of the cognitive functioning of Costa Rican older adults: preliminary results". XVI International Congress of Physical Activity and Sciences Applied to Sport and 2<sup>nd</sup> Ibero-American Symposium on Sport and Physical Activity; Nutrition & Training - SIDANE II. Tijuana, Mexico. 2019.
4. 66<sup>th</sup> Annual Meeting of the American College of Sports Medicine. Orlando, FL, USA, 2019.
5. "The respiratory exchange rate predicts the perceived exertion during a maximal exercise test in older adults regardless of their cognitive functioning". 11<sup>th</sup> Cycle of Conferences "Trends in Physical Education", "6<sup>th</sup> National Congress on Applied

- Sciences to Physical Activity and Sports”, and “5<sup>th</sup> International Congress on Physical Education”, Universidad Veracruzana, Veracruz, Mexico. 2019.
6. “Estado del Arte en el Estudio de Variables Psicológicas en Artes Marciales Mixtas: Una revisión sistemática”. Simposio Internacional en Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. San José, Costa Rica. 2019.

#### Participante en reuniones profesionales

1. Simposio Internacional de Tópicos Avanzados en Fisiología del Ejercicio. Universidad Autónoma de Baja California.
2. 66<sup>th</sup> Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, 10th World Congress on Exercise is Medicine, and World Congress on the Basic Science of Exercise, Circadian Rhythms and Sleep. Orlando, FL, USA, 2019.
3. XXV Simposio Internacional en Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. San José, Costa Rica. 2019.
4. XXIV Simposio Internacional en Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. San José, Costa Rica. 2018.